

高一化学 春季班 学案

目录

第 1 讲 硫单质和硫化氢	2
第 2 讲 二氧化硫和酸雨有关计算	6
第 3 讲 硫酸和硫酸盐	10
第 4 讲 硫的综合复习	14
第 5 讲 氮气和氮氧化物	20
第 6 讲 氨气和铵盐	26
第 7 讲 硫和氮的综合复习	34
第 9 讲 化学反应速率	40
第 10 讲 化学平衡	45
第 11 讲 化学平衡移动.....	49
第 12 讲 电解质的基本概念	56
第 13 讲 电离平衡	60
第 15 讲 水的离子积和 pH 值计算.....	65
第 16 讲 盐类水解	70
第 17 讲 电解池	75
第 18 讲 电解质溶液综合练习	80

第1讲 硫单质和硫化氢

[知识梳理]

一、硫

1、硫原子结构示意图：_____。电子式：_____。

[补充]在周期表中位置：_____。

2、单质硫俗称_____。是一种_____色_____。难溶于水，易溶于_____。

单质硫的用途：_____。

3、硫的化学性质（填写方程式）：

①与金属反应：

与Fe反应：_____

与Cu反应：_____

②与氢气反应：_____

③与氧气反应：_____

④与碱反应：_____

4、硫与氧气反应，硫元素的化合价从_____价变为_____价；硫与铁反应，铁元素被_____（填“氧化”或“还原”）到_____价；氯气与铁反应，铁元素的化合价升高到_____价。从上面的事实可以得出单质硫的氧化性比氧气和氯气_____（填“强”或“弱”）

5、写出下列化学方程式：

汞与硫：_____

6、有变价的金属与硫反应，硫常常把这些金属氧化成低价态，钠、铝、铁、铜分别与硫反应，下列生成的硫化物不正确的是_____。

a. Na_2S b. Al_2S_3 c. FeS d. CuS

二、硫化氢

1、硫化氢的电子式：_____。物理性质：_____。

2、硫化氢的化学性质：

硫化氢中的硫呈_____价；为最低价，故具有_____。

写出下列化学方程式：

硫化氢分解：_____。

完全燃烧：_____。

不完全燃烧：_____。

与 X_2 ：_____。

与 SO_2 ：_____。

与硫酸铜溶液：_____。

3、实验室制备 H_2S 的化学方程式：_____。

能否用启普发生器？_____。能否用浓硫酸干燥？_____。

[专题练习]

一、硫的相关练习：

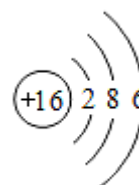
1. 如图是硫原子的原子结构示意图，下列对硫原子的叙述错误的是（ ）

A. 硫原子核外有三个电子层，最外层有 6 个电子

B. 硫原子核内有 16 个质子

C. 硫原子得到两个电子后可变成硫离子

D. 硫原子在化学反应中容易失去电子



2. 下列说法不正确的是（ ）

A. 硫是一种淡黄色的能溶于水的晶体

B. 硫的化合物常存在于火山喷出的气体中和矿泉水里

C. 硫与氧最外层电子数相同

D. 硫在空气中的燃烧产物是二氧化硫，在纯氧中的燃烧产物是三氧化硫

3. 下列说法正确的是（ ）

A. 硫在纯氧中燃烧发出明亮的蓝紫色火焰

B. 铜和硫反应强烈条件下可生成硫化铜

C. 硫粉与铁粉的反应是吸热反应

D. 硫与非金属反应时一定表现还原性

4. 下列物质中不能由单质直接化合生成的是（ ）

① CuS ② FeS ③ SO_3 ④ H_2S ⑤ $FeCl_2$

A. ①②③⑤ B. ①③⑤ C. ①③⑤ D. 全部

5. 在一定条件下，下列物质能与硫发生反应，且硫作为还原剂的是（ ）

A. Cu

B. H_2

C. Fe

D. O_2

6. 对于反应 $3S + 6KOH \xrightarrow{\Delta} 2K_2S + K_2SO_3 + 3H_2O$ ，下列说法正确的是（ ）

- A. S 是氧化剂, KOH 是还原剂
- B. 若 3mol 硫完全反应, 则反应中共转移了 4mol 电子
- C. 还原剂与氧化剂的质量比是 2 : 1
- D. 氧化产物和还原产物的物质的量之比为 3 : 2
7. 不能说明氯气的非金属性比硫强的是 ()
- A. Cl_2 与 H_2 光照爆炸, 而硫与氢气反应需加热至硫气化合
- B. $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$
- C. HCl 比 H_2S 稳定
- D. 酸性: $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$
8. 将 8g 硫在 16g 氧气中充分燃烧后, 所得气体在标准状况下的总体积为 ()
- A. 22.4L B. 11.2L C. 5.62L D. 15L
9. 0.05mol 某单质与 0.8g 硫在一定条件下完全反应, 该单质可能是 ()
- A. H_2 B. O_2 C. K D. Zn
10. 硫蒸汽折合标况下的密度是 5.714 克/升, 所以硫蒸汽的分子式应该是: ()
- A. S. B. S_2 . C. S_4 . D. S_6 .
11. 硫通常是一种_____色的晶体, 俗称_____, 它_____溶于水, _____溶于二硫化碳, 写出硫的一种主要用途_____。

二、硫化氢的相关练习

1. 近期, 北京大学的两位教授率先发现人体心肺血管中存在微量硫化氢, 它对调节心血管功能具有重要作用。下列叙述正确的是 ()
- A. 硫化氢分子很稳定, 受热难分解
- B. 硫化氢分子中所有原子的最外电子层都达到 8 电子结构
- C. 将硫化氢通入溴水, 溴水褪色
- D. 硫化氢是电解质, 其电离方程式是 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$
2. 硫化氢不具有的性质是 ()
- A. 有臭鸡蛋气味 B. 有可燃性 C. 有毒性 D. 有强氧化性
3. 下列物质中, 不能与硫化氢反应的是 ()
- A. HCl B. SO_2 C. KOH D. CuSO_4 溶液
4. 用 FeS 跟酸反应制 H_2S 气体, 可选用的酸是 ()

- A. 浓硝酸 B. 稀硫酸 C. 稀硝酸 D. HClO

5. 下列试剂能检验 H_2S 气体的是 ()

- A. 氢氧化钠溶液 B. 澄清石灰水 C. 醋酸铅溶液 D. 稀盐酸

6. 下列反应中, 调节反应物用量或浓度不会改变反应产物的是 ()

- A. 硫化氢在氧气中燃烧 B. 铁在硫蒸气中燃烧
C. 二氧化碳通入石灰水 D. 木炭在空气中燃烧

7. 在一定条件下, 将 70ml H_2S 气体和 90ml O_2 混合, 点燃并使其均反应完。再恢复到原来条件 则生成 SO_2 生成气体的体积为 ()

- A. 70ml B. 60ml C. 55ml D. 50ml

8. 常温常压下, 将 50mL H_2S 和 O_2 的混合气体点燃, 充分反应后恢复到原来状态, 气体体积变为 5mL, 该 5mL 气体的成分可能是 ()

- A. H_2S 、 SO_2 B. H_2S C. SO_3 D. O_2

9. 以下集气装置中不正确的是 ()



(液体为 H_2O)

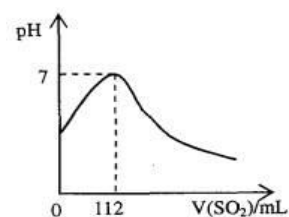
(试管口为棉花)

(液体为 H_2O)

- A. H_2S 的收集 B. O_2 的收集 C. NH_3 或 H_2 的收集 D. HCl 或 Cl_2 的收集

10. 在标准状况下, 向 100mL 氢硫酸溶液中通入二氧化硫气体, 溶液 pH 变化如图所示, 则原氢硫酸溶液的物质的量浓度为 ()

- A. 0.5mol/L B. 0.05mol/L
C. 1mol/L D. 0.1mol/L



11. 将 8.8 g FeS 固体置于 200 ml 2.0 mol/L 的盐酸中, 以制备 H_2S 气体。反应完全后, 若溶液中 H_2S 的浓度为 0.10 mol/L, 假定溶液体积不变, 试计算:

(1) 收集到的 H_2S 气体的体积(标准状况);

(2) 溶液中 Fe^{2+} 和 H^+ 的物质的量浓度。

第2讲 二氧化硫和酸雨有关计算

[知识梳理]

一、二氧化硫

1、二氧化硫是一种具有_____气味的气体，_____溶于水（1 体积水可溶约_____体积），水溶液称为_____，具有漂白性，其漂白原理是_____， SO_2 的水溶液亚硫酸，其电离方程式为_____。二氧化硫有毒。

2、写出下列化学方程式：

与 O_2 反应：_____。

与 H_2S ：_____。

与 X_2 、 H_2O ：_____。

$\text{SO}_3^{2-} + \text{X}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ _____。

3、二氧化硫不与 BaCl_2 水溶液反应，但若先通入氨气后就会反应，简答原因：_____。若同时加入氧气、氯气或硝酸也会有沉淀，简答原因：_____。

4、实验室制备 SO_2 化学方程式：_____。反应中可否使用浓硫酸？_____。若产生 SO_2 少，可能的原因为_____。可否使用启普发生器？_____，为什么？_____。

6、酸雨通常是指降水的 pH_____，酸雨的成因很复杂，酸雨中含有_____、_____和其他一些有机酸，但以_____为主。

请写出该主要成分形成时的化学方程式（两种方式）

方式 1：_____

方式 2：_____

请解释酸雨放置时，pH 发生变化的主要原因_____。

而造成酸雨的二氧化硫气体主要来自_____。

7、鉴别两瓶失去标签的无色气体 CO_2 和 SO_2 的方法是_____。

8、能否用品红溶液鉴别 SO_2 和 Cl_2 ，为什么？_____。

二、酸雨的相关计算 (pH)

1、水的电离方程式是：水的离子积常数表达式为_____。常温下，水的离子积为_____，水所电离出的氢离子浓度为_____， $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$ ，当温度升高时，水的离子积_____。（填增大或减小） $\text{pH}\rule{1cm}{0.4pt}7$ （填大于或小于）

2、溶液 pH 的计算公式：_____

3、溶液 pH 与溶液酸碱性的关系

溶液的酸碱性是根据溶液中 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 的相对大小来界定的。在常温（ 25°C ）下

（1）中性溶液： $c(\text{H}^+)\rule{1cm}{0.4pt}c(\text{OH}^-)$ ， $c(\text{H}^+)\rule{1cm}{0.4pt}1\times 10^{-7}\text{mol/L}$ ， $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$

（2）酸性溶液： $c(\text{H}+)\rule{1cm}{0.4pt}c(\text{OH}^-)$ ， $c(\text{H}+)\rule{1cm}{0.4pt}1\times 10^{-7}\text{mol/L}$ ， $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$

（3）碱性溶液： $c(\text{H}+)\rule{1cm}{0.4pt}c(\text{OH}^-)$ ， $c(\text{H}+)\rule{1cm}{0.4pt}1\times 10^{-7}\text{mol/L}$ ， $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$

4、常温下，通过计算填空

（1） $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-4}\text{mol/L}$ ，溶液 $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$

（2） $c(\text{OH}^-)=1\times 10^{-3}\text{mol/L}$ ，溶液 $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$

（3） $\text{pH}=3$ 的溶液， $c(\text{H}^+)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ， $c(\text{OH}^-)=\rule{1cm}{0.4pt}$

（4） $\text{pH}=11$ 的溶液， $c(\text{H}^+)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ， $c(\text{OH}^-)=\rule{1cm}{0.4pt}$

（5）在 $0.05\text{mol/LH}_2\text{SO}_4$ 溶液中， $c(\text{H}^+)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ， $c(\text{OH}^-)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ，

（6）在 0.001mol/LNaOH 溶液中， $c(\text{OH}^-)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ， $c(\text{H}^+)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ，

（7）在 0.1mol/LKNO_3 溶液中， $c(\text{OH}^-)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ， $c(\text{H}^+)=\rule{1cm}{0.4pt}$ ，

（8） $c(\text{H}^+)=1\times 10^{-3}\text{mol/L}$ $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$ ； $c(\text{OH}^-)=1\times 10^{-3}\text{mol/L}$ $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$ 。

（9） 0.05mol/L 硫酸溶液 $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$ ； 0.4克 NaOH 溶于水配成 100mL 溶液， $\text{pH}=\rule{1cm}{0.4pt}$ 。

（10） $\text{pH}=14$ 的氢氧化钡溶液， $c=\rule{1cm}{0.4pt}\text{mol/L}$ ， $c(\text{Ba}^{2+})=\rule{1cm}{0.4pt}\text{mol/L}$ 。

[专题练习]

1. 酸雨的形成主要是由于（ ）

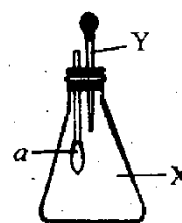
- A. 大气中二氧化碳含量增多 B. 汽车排出大量尾气
C. 工业上大量燃烧含硫燃料 D. 森林遭乱砍滥伐，破坏了生态平衡

2. 下列溶液中能用来区别 SO_2 和 CO_2 气体的是（ ）

①澄清的石灰水 ②溴水 ③酸性高锰酸钾溶液 ④氯化钡溶液 ⑤品红溶液

- A. ①④⑤ B. ②③⑤ C. ①②③ D. ②③④

3. 右图中, 锥形瓶内盛有气体 X, 滴管内盛有液体 Y, 若挤压滴管胶头, 使液体 Y 滴入瓶中, 振荡, 一会可见小球 a 鼓气, 气体 X 和液体 y 不可能是 ()



- A. 氨气和水 B. SO_2 和 NaOH 浓溶液
C. CO_2 和稀硫酸 D. 氯化氢和 NaNO_3 稀溶液

4. 若要从 CO_2 气体中除去少量 SO_2 , 最好使混合气体通过 ()

- A. 盛 NaOH 溶液的洗气瓶
B. 盛 KMnO_4 酸性溶液的洗气瓶
C. 盛品红溶液的洗气瓶
D. 盛饱和 Na_2CO_3 溶液的洗气瓶

5. 将 SO_2 通入 BaCl_2 溶液至饱和, 未见有沉淀, 继续通入另一种气体 X 仍无沉淀, 则 X 可能是 ()

- A. CO_2 B. NH_3 C. Cl_2 D. H_2S

6. 下列变化中可以说明 SO_2 具有漂白性的是 ()

- A. SO_2 通入酸性高锰酸钾溶液中红色褪去
B. SO_2 通入品红溶液红色褪去
C. SO_2 通入溴水溶液中红棕色褪去
D. SO_2 通入氢氧化钠酚酞的混合溶液红色褪去

7. 实验室制备 SO_2 气体, 下列方法可行的是 ()

- A. Na_2SO_3 溶液与 HNO_3 B. Na_2SO_3 溶液与稀盐酸
C. Na_2SO_3 与 H_2S 溶液 D. Na_2SO_3 固体与浓 H_2SO_4

8. 除去 SO_2 中混有的 HCl 气体, 可选用的试剂是 ()

- A. 石灰水 B. 浓硫酸
C. 饱和 NaHSO_3 溶液 D. 饱和 Na_2SO_3 溶液

9. 对于 SO_2 与 SO_3 下列说法正确的是 ()

- A. 标准状况下等体积含硫量相等 B. 都具有漂白性及消毒灭菌作用
C. 其水溶液都是二元强酸 D. 都能和水反应

10. 下列化学反应方程式中不正确的是 ()

- A. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ B. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$
C. $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ D. 在催化剂存在、加热条件下 $2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$

11. 有一瓶无色气体,可能含有 H_2S 、 CO_2 、 HBr 、 HCl 、 SO_2 中的一种或几种。向其中加入氯水,得到无色透明溶液。把溶液分成两份:向一份中加入氯化钡一盐酸混合溶液,出现白色沉淀;向另一份中加入硝酸银一硝酸混合溶液,也有白色沉淀。结论:①原气体中肯定有 SO_2 ;②原气体中肯定没有 H_2S 、 HBr ;③原气体中肯定有 HCl ;④不能肯定原气体中是否有 HCl ;⑤原气体中肯定没有 CO_2 。以上结论中正确的是 ()

- A. ①②③⑤ B. ①②③ C. ①②④ D. ①②

12. 某混合气体 G 可能含有 CO 、 CO_2 、 SO_2 、 H_2O 等气体,用 a. 无水 CuSO_4 、b. 澄清石灰水、c. 灼热 CuO 、d. 碱石灰、e. 品红溶液、f. 酸性高锰酸钾溶液等药品可将其一一检出,检出的正确顺序是 ()

- A. $G \rightarrow a \rightarrow e \rightarrow b \rightarrow f \rightarrow d \rightarrow c$ B. $G \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a$
C. $G \rightarrow a \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow c$ D. $G \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a \rightarrow d \rightarrow c$

13. 酸雨主要是燃烧含硫燃料时释放出 SO_2 所造成的。现取一份雨水样品,每隔一定的时间测定其 pH 值,测定结果见附表:

附表: 雨水样品 pH 值随时间的变化值

测试时间(h)	0	1	2	4	8
雨水样品 pH 值	4.73	4.62	4.56	4.55	4.55

试说明雨水样品 pH 值减小的原因_____

第3讲 硫酸和硫酸盐

[知识梳理]

● 硫酸和硫酸盐

1、纯硫酸是一种_____色的液体，_____挥发，在水中溶解性_____，浓硫酸稀释时产生大量的热。常用浓硫酸作某些气体的干燥剂，这是因为它具有_____性，但是，浓硫酸不能干燥_____等气体。（浓硫酸能够干燥 SO_2 吗？_____）

2、下列实验或事实主要表现了浓硫酸的什么性质。

(1) 浓硫酸与碳共热反应时，呈现_____；

(2) 浓硫酸与铜共热反应时，呈现_____；

(3) 浓硫酸可作气体干燥剂，呈现_____；

(4) 浓硫酸与氯化钠反应制取氯化氢时，呈现_____；

(5) 浓硫酸使蔗糖变黑，并有刺激性气味的气体产生，呈现_____。

3、稀释浓硫酸时，一定要把_____慢慢地沿着容器壁注入_____中，并且要用玻璃棒不断地搅拌。

4、当不小心在皮肤上沾上浓硫酸后，应该先_____再_____。

5、当 2mol 浓硫酸和足量的铜反应产生的 SO_2 _____ ($<$ 、 $>$ 、 $=$) 1mol。为什么？_____

6、浓硫酸滴到蓝色石蕊试纸上有什么现象：_____。

7、有同学说浓硫酸有强氧化性，稀硫酸无氧化性。是否正确？_____。

8、取 20 克蔗糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)置于 200 毫升烧杯中，加入 2 毫升水，搅拌均匀。然后再加入 20 毫升 98%的浓硫酸，迅速搅拌后，静置。

(1) 加入 2 毫升水的目的是_____

(2) 在实验中看到如下现象，请分别给予解释或写出有关的化学方程式。

① 蔗糖变黑。原因是_____

② 固体体积膨胀，并产生酸味的刺激性气体。反应的化学方程式为：

(3) 由本实验得出，浓硫酸的特性有_____。

9、医疗上的“钡餐”的主要成分是_____。生石膏的化学式_____，熟石膏的化学式为_____，熟石膏跟水混合后很快凝结，重新变成石膏，利用这一性质，在医疗上来制作_____。胆矾可以和石灰乳混合后配成_____。加热失去结晶水后的硫酸铜粉

末为_____色，用途有_____。明矾化学式为_____，明矾常用作净水剂的原因是_____。绿矾化学式：_____，用途：_____。

芒硝化学式：_____，无水芒硝可作_____。

10、简述 SO_4^{2-} 离子的检验方法是_____。

[专题练习]

1. 下列变化中，能证明硫酸是强酸的事实是（ ）

- A. 能使石蕊试液变红 B. 能跟硫化亚铁反应制硫化氢
C. 能跟氯化钠反应制氯化氢 D. 能跟锌反应产生氢气

2. 在常温下，下列物质可盛放在铁制容器或铝制容器中的是（ ）

- A. 盐酸 B. 稀硫酸 C. 浓硫酸 D. 硫酸铜溶液

3. 右图是硫酸试剂瓶标签上的部分内容。据此下列说法中，正确的是（ ）

- A. 该硫酸可以用来干燥硫化氢气体
B. 1 mol Zn 与足量的该硫酸反应产生 2 g H_2
C. 配制 200 mL 4.6 mol/L 的稀硫酸需取该硫酸 50 mL
D. 若不小心将该硫酸溅到皮肤上，应立即用 NaOH 溶液冲洗

硫酸 化学纯 (CP) (500mL)
品名：硫酸
化学式： H_2SO_4
相对分子质量：98
密度：1.84g · cm ⁻³
质量分数：98%

4. 下列操作不能区别浓硫酸与稀硫酸的是（ ）

- A. 分别加入铁 B. 分别加入蔗糖
C. 分别加入烧碱 D. 分别加入铜片、加热

5. 下列关于浓硫酸的叙述中，正确的是（ ）

- A. 浓硫酸具有吸水性，因而能使蔗糖炭化
B. 浓硫酸在常温下可迅速与铜片反应放出二氧化硫气体
C. 浓硫酸是一种干燥剂，能够干燥氨气、氢气等气体
D. 浓硫酸在常温下能够使铁、铝等金属形成氧化膜而钝化

6. 将下列溶液置于敞口容器中，溶液质量会增加的是（ ）

- A. 浓硫酸 B. 稀硫酸 C. 浓盐酸 D. 浓硝酸

7. 铜粉放入稀硫酸溶液中，加热后无明显现象发生。当加入一种盐后，铜粉的质量减少，溶液呈蓝色，同时有气体逸出。该盐是（ ）

- A. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ B. Na_2CO_3 C. FeSO_4 D. KNO_3

16. 试判断下列八种情况分别属于硫酸的哪种性质?

(A) 脱水性; (B) 不挥发性; (C) 强酸性; (D) 二元酸; (E) 氧化性; (F) 吸水性

(1) 铜和浓 H_2SO_4 加热, 产生 SO_2 气体. ()

(2) 在硫酸盐中有 NaHSO_4 这样的酸式盐 ()

(3) 在烧杯中放入蔗糖, 滴入浓 H_2SO_4 变黑. ()

(4) 在 NaCl 中加入浓 H_2SO_4 , 加热, 产生 HCl 气体 ()

(5) 在稀 H_2SO_4 中放入锌粒就产生 H_2 . ()

(6) 用稀 H_2SO_4 清洗金属表面的氧化物. ()

(7) 浓 H_2SO_4 敞口久置会增重. ()

(8) 浓 H_2SO_4 不能用于干燥 H_2S 气体. ()

第4讲 硫的综合复习

[考点梳理]近3年等级考一模试题及合格考试卷选题

[考点1]二氧化硫的漂白性：漂白性整理

类型	物质	特点
氧化型	HClO	强氧化性，彻底，不可逆
加合性	SO ₂	加成反应，可逆，不彻底，不能漂白酸碱指示剂
吸附型	活性炭	较大表面积，吸附有色物质

[基础练习]

- 下列变化中可以说明 SO₂ 具有漂白性的是 ()
A. SO₂ 通入酸性高锰酸钾溶液中红色褪去 B. SO₂ 通入品红溶液红色褪去
C. SO₂ 通入溴水溶液中红棕色褪去
D. SO₂ 通入氢氧化钠酚酞的混合溶液红色褪去
- 下列物质能使品红溶液褪色的是 ()
①Cl₂ ②Na₂O₂ ③Ca(ClO)₂ ④活性炭 ⑤SO₂
A. ②③④⑤ B. ①②③ C. ①④⑤ D. 全都可以
- 下列说法正确的是
A. SO₂ 具有漂白性，所以它能使品红溶液、溴水、酸性 KMnO₄ 溶液、石蕊溶液褪色
B. 能使品红溶液褪色的物质不一定是 SO₂
C. SO₂、漂白粉、活性炭、Na₂O₂ 都能使红墨水褪色，且原理相同
D. 等物质的量的 SO₂ 和 Cl₂ 混合通入装有湿润的有色布条的集气瓶中，漂白效果更好
- 下列五种有色溶液与 SO₂ 作用均能褪色，其实质相同的是
①品红溶液；②酸性 KMnO₄ 溶液；③溴水；
④滴有酚酞的 NaOH 溶液；⑤含 I₂ 的淀粉溶液
A. ①④ B. ①②③
C. ②③⑤ D. ③④

[考点2]二氧化硫的性质（漂白性、氧化性和还原性）

- H₂S 中的 S 为_____价，有很强的_____性。SO₂ 中的 S 为_____价，兼具氧化、还原性，但以_____为主（H₂SO₃，Na₂SO₃ 等类似 SO₂）。两者发生的反应为：_____。
- SO₂ 类似 HClO，具有_____性，但可恢复。
- pH <_____的雨水为酸雨，由 SO₂ 形成酸雨的反应为：_____，久置的酸雨

pH_____。可用生石灰吸收 SO_2 ，最终转化为_____。

[基础练习]

1. 能与 SO_2 反应，且 SO_2 体现氧化性的是

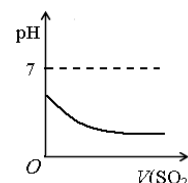
- A. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ B. 溴水 C. 浓硫酸 D. H_2S

2. 下列反应，与硫酸型酸雨的形成肯定无关的是

- A. $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ B. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$
 C. $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$ D. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

3. 将 SO_2 气体逐渐通入某溶液，溶液 pH 随通入 SO_2 气体体积变化如图所示，该溶液是

- A. 氨水 B. 亚硫酸钠溶液
 C. 氢硫酸 D. 氯水



4. 室温下，0.1mol 下列物质分别与 1L 0.2mol/L NaOH 溶液反应，所得溶液 pH 最小的是

- A. SO_3 B. CO_2 C. Al_2O_3 D. SO_2

[考点 3] (浓) 硫酸和硫酸盐

1. 浓硫酸与 Cu 反应时显性，黑面包实验中（浓硫酸与蔗糖、少量水），显_____性。

2. 硫酸的离子的检验：取样，加入盐酸酸化的氯化钡，若出现白色沉淀，则含 SO_4^{2-} ，指出上述文字的错误。

[基础练习]

1. 下列鉴别浓硫酸和稀硫酸的操作与结论有误的是

	操作	结论
A	分别加入金属铝片	产生刺激性气味者为浓硫酸
B	分别加入到盛水的试管中	剧烈放热者为浓硫酸
C	取等体积样品，称量质量	质量大者为浓硫酸
D	分别滴在火柴梗上	变黑者为浓硫酸

2. 检验氧化铁黄 (FeOOH) 沉淀洗涤是否完全的方法是：向最后一次洗涤液中加入_____试剂，若出现_____现象则表明未洗涤完全。



3. 下列四种溶液中一定存在 SO_4^{2-} 的是

- A. 向甲溶液中加入 BaCl_2 溶液，产生白色沉淀
 B. 向乙溶液中加入 BaCl_2 溶液，有白色沉淀，再加入盐酸，沉淀不溶解
 C. 向丙溶液中加入盐酸使之酸化，再加入 BaCl_2 溶液，有白色沉淀产生
 D. 向丁溶液中加入硝酸使之酸化，再加入硝酸钡溶液，有白色沉淀产生

[练习]

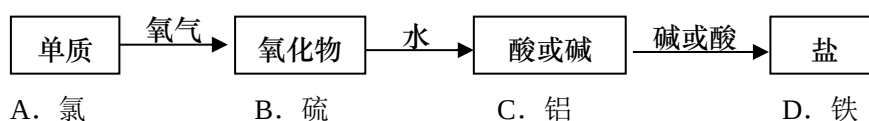
1、[嘉定]将二氧化硫气体通入 KIO_3 淀粉溶液，溶液先变蓝后褪色。此过程中二氧化硫表现出 ()

- A. 酸性 B. 漂白性 C. 氧化性 D. 还原性

2、[杨浦]通入 SO_2 能引起下列溶液的颜色变化，其中 SO_2 的作用和 SO_2 使溴水褪色相同的是 ()

- A. 品红褪色 B. NaOH 酚酞溶液褪色
C. 石蕊试液变红 D. 酸性 KMnO_4 溶液褪色

3、[金山]单质能发生如下图转化关系的元素是 ()



4、[虹口]加热条件下，20 mL 18 mol/L 的浓 H_2SO_4 与过量的碳反应，可得到标况下的 CO_2 ()

- A. 小于 4.032L B. 等于 4.032L C. 大于 4.032L D. 无法确定

5、[虹口]向 H_2S 溶液中加入或通入少量下列物质，溶液 pH 上升且 $c(\text{S}^{2-})$ 降低的是 ()

- A. NaOH B. CuSO_4 C. Cl_2 D. SO_2

6、[长宁]下列气体能用浓硫酸干燥的是 ()

- A. SO_2 B. NH_3 C. HI D. H_2S

7、[青浦]常温下，将铁片投入浓 H_2SO_4 中，下列说法正确的是 ()

- A. 不发生反应 B. 铁被钝化 C. 产生大量 SO_2 D. 产生大量 H_2

8、[奉贤]有关浓硫酸的性质或作用，叙述错误的是 ()

- A. 浓硫酸的脱水性是化学性质
B. 使铁、铝钝化表现了强氧化性
C. 制备乙酸乙酯的反应中起催化脱水作用
D. 与氯化钠固体共热制氯化氢气体时，表现强酸性

9、下列有关 SO_2 的性质的探究实验报告记录的实验现象正确的是 ()

实验		分别加入 SO_2 饱和溶液(至现象明显)			
		酚酞试液 a	品红溶液 b	HNO_3 和 BaCl_2 的混合液 c	BaCl_2 溶液 d
记录	A	无色	无色	无现象	无色溶液
	B	红色	无色	白色沉淀	白色溶液
	C	无色	无色	白色沉淀	无色溶液
	D	红色	无色	白色沉淀	白色溶液

10. 下列叙述正确的是 ()

A. 浓硫酸是一种干燥剂，能够干燥氢气、氧气、氨气等气体，但不能干燥有较强还原性的 HI、H₂S 等气体

B. 浓硫酸与单质硫反应的化学方程式为 $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{S} \xrightarrow{\Delta} 3\text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，在此反应中，浓硫酸既表现了其强氧化性又表现了其酸性

C. 把足量的铜粉投入到只含 H₂SO₄ 2 mol 的浓硫酸中，得到的气体体积在标准状况下为 22.4 L

D. 常温下能够用铁、铝等容器盛放浓 H₂SO₄，是因为浓 H₂SO₄ 的强氧化性使其钝化

11. 下列说法正确的是 ()

A. Na₂SO₃ 和 H₂O₂ 的反应为氧化还原反应

B. 二氧化硫可广泛用于食品的漂白

C. 检验某溶液是否含有 SO₄²⁻ 时，应取少量该溶液，依次加入 BaCl₂ 溶液和稀盐酸

D. Cl₂、SO₂ 均能使品红溶液褪色，说明二者均有氧化性

[拓展练习]

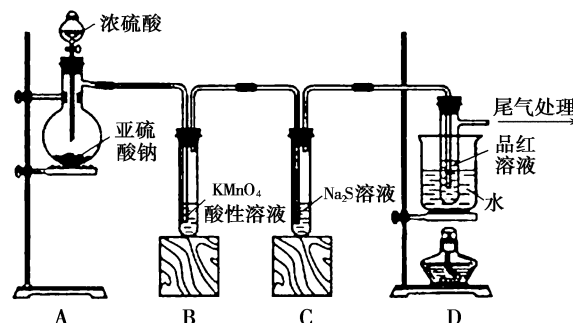
1、某化学兴趣小组为探究 SO₂ 的性质，按下图所示装置进行实验。请回答下列问题：

(1) 装置 A 中盛放亚硫酸钠的仪器名称是 _____，其中发生反应的化学方程式为 _____；

(2) 实验过程中，装置 B、C 中发生的现象分别是 _____、_____，

这些现象分别说明 SO₂ 具有的性质是 _____ 和 _____；

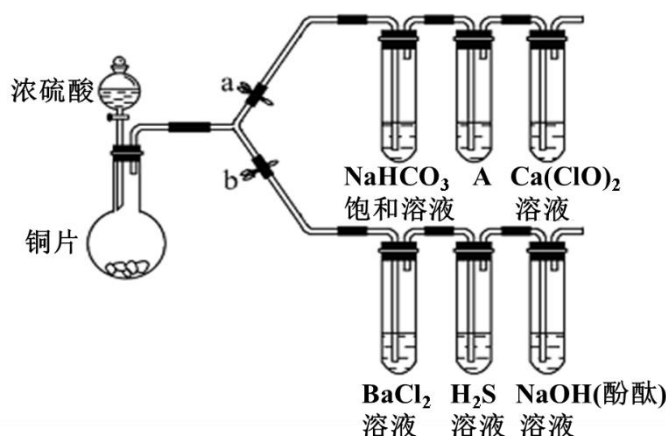
(3) 尾气可采用 _____ 溶液吸收。



2、宝山-（三）本题共 15 分

根据要求完成下列实验。(a、b 为弹簧夹，其他装置略去)

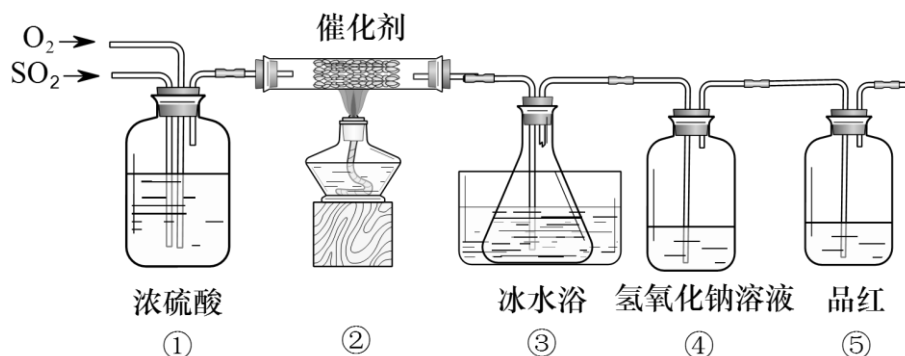
(1) 验证 SO₂ 具有氧化性、还原性和酸性氧化物的通性。



30. 连接仪器、检查装置气密性、加药品后，打开 b（关闭 a），然后滴入浓硫酸，加热。
 装有浓硫酸的仪器名称是_____，铜与浓硫酸反应的化学方程式是_____。
31. 能验证 SO_2 具有氧化性的实验现象是_____。
32. 装有 BaCl_2 溶液的试管中无任何现象，将其分成两份，分别滴加氨水和氯水，均产生白色沉淀，沉淀的化学式分别是_____，_____。写出其中 SO_2 显示还原性并生成白色沉淀的总的离子方程式_____。
33. 能验证 SO_2 具有酸性氧化物的通性的实验现象是_____，
 若通入过量的 SO_2 ，其化学方程式是_____。
- (2)验证酸性的相对强弱：碳酸>次氯酸。(已知酸性：亚硫酸 > 碳酸)
34. 打开 a 关闭 b。装置 A 中的足量的试剂是_____。利用该装置能否判断碳酸的酸性比次氯酸强，理由是_____。

3、金山-（四）（本题共 15 分）

为探究工业制硫酸接触室中的反应，设计如图所示装置，并测定此条件下二氧化硫的转化率。



35. ①中浓硫酸的作用除了通过观察气泡，调节气体的流速外，还能_____、
 _____。
36. ③锥形瓶中盛放的是足量的氯化钡溶液，实验过程观察到锥形瓶中产生白色沉淀，反应的化学方程式为_____；锥形瓶浸入冰水浴的原因是_____。
37. ⑤中品红颜色没有发生改变，说明_____。
38. 若通入 SO_2 的体积为 $V\text{L}$ （已折算为标准状况下的体积），要测定该条件下二氧化硫的转化率，实验时还需要测定的数据是 $m\text{g}$ ，则 m 可以是_____，
 此条件下二氧化硫的转化率是_____（列式表示）。
39. 反应结束后还需通入 N_2 的原因是_____。

第5讲 氮气和氮氧化物

[知识梳理]

一、氮气

在大气中氮的储量最为丰富，在地壳中氮也是常见元素之一。生物圈中氮的总量最少，但它对生命体却有着决定性的作用。无论是生命必需的蛋白质还是核酸，处处都离不开氮的存在。氮元素以化合态存在于很多无机物（如硝酸盐、铵盐、氮的氧化物）和有机物（如蛋白质、核酸等）中。

	氮气	氨	尿素	氨基酸	蛋白质
空间立体模型					
含氮量	100%	80%	47%	8%~27%	约16%
自然界蕴藏量 (1×10^{10} t)	10000	10	0.001	10	1

图1 自然界中部分物质的含氮量

（一）氮气的物理性质

氮气是一种无色、没有气味的气体，标准状况下的密度为 1.25g/L。氮气在水中的溶解度很小，通常情况下，1 体积水中只能溶解大约 0.02 体积的氮气。在压强为 101.3kPa 下，氮气在 -195.8°C 时变成无色液体，在 -209.9°C 时变成雪花状固体。

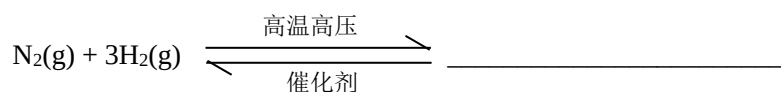
- 1、____色____味气体；
- 2、____溶于水；
- 3、密度略小于空气；
- 4、沸点： -196°C ，液氮可以作_____。

（二）氮气的化学性质

氮气是由氮原子组成的双原子分子。氮分子中，2 个氮原子共有 3 对电子，形成 3 个共价键： $\text{:}\ddot{\text{N}}\text{:}\ddot{\text{N}}\text{:}$ ， $\text{N}\equiv\text{N}$ 。

电子式：_____；结构式：_____

1. 氮气跟氢气的反应（工业上利用这一原理合成氨）



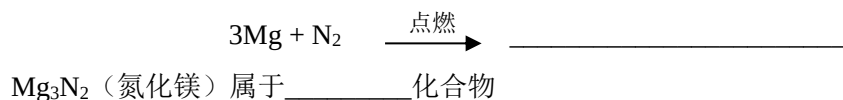
2. 氮气跟氧气的反应



在放电条件下，氮气和氧气可以直接化合，生成无色、不溶于水的一氧化氮（NO）气体。

3. 氮气跟某些金属的反应

在高温时，氮能跟钾、钠、镁、钙、锶、钡等金属化合。如镁在空气中燃烧时，除跟氧气化合生成氧化镁外，也能跟氮气化合生成微量的氮化镁。



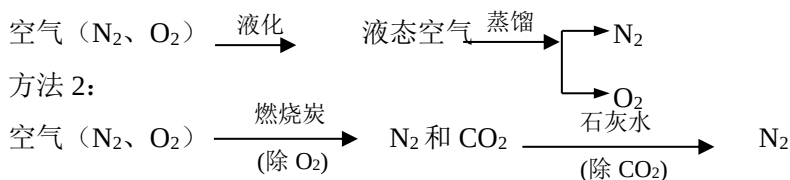
[课堂思考]（1）为什么在焊接金属时，氮气常作为保护气？

（2）镁带在空气中的燃烧产物有哪些？什么产物的量较多？

（三）氮气的工业制法

空气中有大量的氮气，从空气中分离氮气，正是工业制取氮气的方法。

方法 1:



（四）氮气的用途

在工业上，氮气是合成氨、制硝酸、氮肥、炸药等的重要原料。在通常情况下，氮气的化学性质不活泼，所以，它常被用作保护气。例如，焊接金属时用氮气保护金属使其不被氧化；在灯泡中填充氮气以防止钨丝被氧化或挥发，使灯泡经久耐用；粮食、罐头、水果等食品，也常用氮气作保护气，防止食品腐烂。在高科技领域中，常用液氮制造低温环境（沸点 -195.8°C ）可以深度冷冻物质。如有些超导材料就是在液氮处理后才获得超导性能的（如图 3）。医学上用液氮来保存待移植的活性器官，在冷冻麻醉条件下开刀等。

（五）氮的固定：将空气中游离的氮转化为氮的化合物的方法称氮的固定，包括：

1、大气固氮：_____

2、工业固氮：_____

3、根瘤菌固氮

二、氮氧化物

1. 氮的氧化物

化合价：	+1	+2	+3	+4	+5
对应氧化物：	N_2O	_____	N_2O_3	_____、	N_2O_4
					N_2O_5

2.NO 和 NO₂

(1) 物理性质

NO 是_____色_____毒_____溶于水的气体。

NO₂ 是_____色, 有_____气味的_____毒气体, 密度比空气的_____, 易_____。

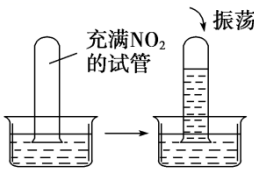
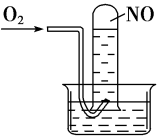
(2) 化学性质

NO 易与 O₂ 化合, 反应方程式为: _____

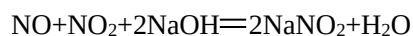
实验室收集只能用_____法收集, 而不能用_____法收集。

NO₂ 易与_____反应, 反应方程式为: _____

实验室收集只能用_____法收集, 而不能用_____法收集。

实验步骤	实验现象	实验结论
将充满 NO ₂ 的试管倒立于水槽中, 并不断振荡 	试管内的气体颜色由_____色慢慢变为_____色, 最后剩余气体为原气体体积的_____; 液体进入试管中, 并_____	NO ₂ _____溶于水并与 H ₂ O 发生反应_____ _____ _____
通过导管通入少量的氧气 	气体迅速由_____色变为_____ _____色, 液面_____, 气体最后又变为_____	NO 不溶于水, 易于氧气发生反应, ____ _____ _____
重复上述操作几次	重复出现第二步骤中的现象, 最终_____	$4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$

与氢氧化钠溶液:



(3) 影响

①NO: 是传递神经信息的“信使分子”, 但容易与血红蛋白结合而使人体缺氧。

②NO₂: 能损坏多种织物和尼龙制品, 对金属和非金属材料有腐蚀作用。

【基础练习】

1.NO 与 NO₂ 如何相互转化? (用化学方程式说明)

2.解释“雷雨发庄稼”原理，写出相关化学方程式。

3.分析汽车尾气中氮的氧化物产生的原理，写出相关方程式。

【提高练习】

1、下列叙述与氮的固定无关的是()

- A.工业上氮气与氢气化合成氨
- B.工业上将氨转化为硝酸和其他含氮化合物
- C.豆科植物的根瘤菌把空气中的氮气转化为含氮化合物
- D.电闪雷鸣的雨天，空气中的氮气会与氧气发生反应并最终转化为硝酸盐被植物吸收

2、氮气能大量存在于空气中的根本原因是()

- A.氮气性质稳定，即使在高温下也不与其他物质发生反应
- B.氮气比空气轻且不溶于水
- C.氮气分子中两个氮原子结合很牢固，分子结构稳定
- D.氮气既无氧化性，也无还原性，不与其他物质反应

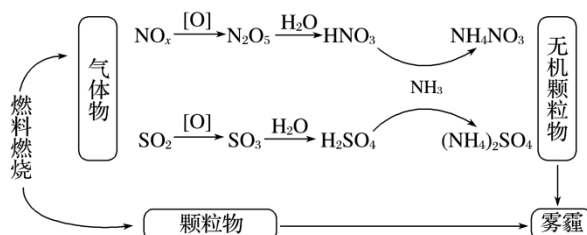
3、以下非金属氧化物与其引起的环境问题及主要来源对应正确的是()

选项	氧化物	环境问题	主要来源
A	CO ₂	酸雨	化石燃料的燃烧
B	SO ₂	光化学烟雾	汽车尾气的排放
C	NO ₂	温室效应	工厂废气的排放
D	CO	CO 中毒	燃料的不完全燃烧

4、.下列关于 NO 和 NO₂ 的说法中正确的是()

- A.NO₂ 是红棕色气体，易溶于水，属于酸性氧化物
- B.NO₂ 可由 N₂ 和 O₂ 直接化合得到
- C.NO 和 NO₂ 均既可以用排空气法收集又可以用排水法收集
- D.NO 和 NO₂ 在一定条件下可以相互转化

5、研究表明，氮氧化物和二氧化硫在形成雾霾时与大气中的氨有关(如下图所示)。下列叙述错误的是()



A.雾和霾的分散剂相同

B.雾霾中含有硝酸铵和硫酸铵

C. NH_3 是形成无机颗粒物的催化剂 D. 雾霾的形成与过度施用氮肥有关

6、对 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 反应的下列说法正确的是()

A. 氧化剂与还原剂的质量比为 1 : 2 B. 氧化产物与还原产物的物质的量之比为 1 : 2

C. NO_2 是氧化剂, H_2O 是还原剂

D. 在反应中若有 6mol NO_2 参与反应时, 有 3mol 电子发生转移

7 下列反应必须加入氧化剂且一步反应就能完成的是()

① $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}_2$ ② $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$ ③ $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ ④ $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}$ ⑤ $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$

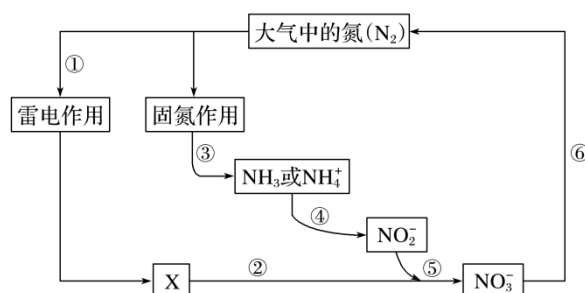
A. ①

B. ②⑤

C. ④

D. ③④

8 氮是动植物生长不可缺少的元素, 含氮化合物也是重要的化工原料。自然界中存在如图所示的氮元素的循环过程, 下列说法不正确的是()



A. 过程①“雷电作用”中发生的反应是 $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$

B. 过程③“固氮作用”中, 氮气被还原

C. ⑤中涉及的反应可能有 $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 = 2\text{NO}_3^-$

D. ⑥中涉及的反应可能有 $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ = \text{N}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$

9、发射卫星的运载火箭, 其推进剂引燃后发生剧烈反应, 产生大量的高温气体从火箭尾部喷出。引燃后产生的高温气体主要是 CO_2 、 H_2O 、 N_2 、 NO , 这些气体均无色, 但在卫星发射现场却看到火箭喷出大量红烟。产生红烟的原因是()

A. 高温下 N_2 遇空气生成 NO_2

B. NO 遇空气生成 NO_2

C. CO_2 与 NO 反应生成 CO 与 NO_2 D. NO 和 H_2O 反应生成 H_2 和 NO_2

10、科学的假设与猜想是科学探究的先导和价值所在。在下列假设或猜想引导下的探究肯定没有意义的是()

A. 探究 SO_2 和 Na_2O_2 反应可能有 Na_2SO_4 生成

B. 探究 NO 和 N_2O 可能化合生成 NO_2

C. 探究 NO_2 可能被 NaOH 溶液完全吸收生成 NaNO_2 和 NaNO_3

D. 探究向滴有酚酞溶液的 NaOH 溶液中通入 Cl_2 , 酚酞红色褪去的原因是溶液的酸碱性改变还是 HClO 的漂白作用

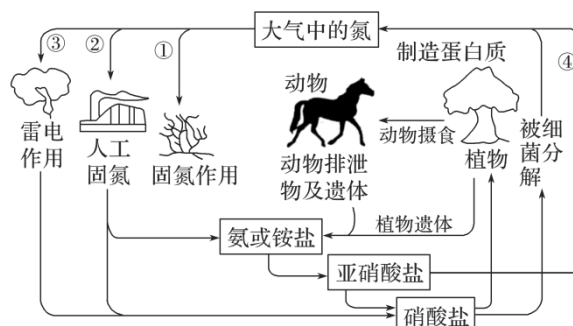
【拓展】

11 同温同压下, 在 3 支相同体积的试管中分别充有等体积混合的 2 种气体, 它们是① NO 和 NO_2 , ② NO_2 和 O_2 , ③ NH_3 和 N_2 。将 3 支试管均倒置于盛水的水槽中, 充分反应后, 试管

中剩余气体的体积分别为 V_1 、 V_2 、 V_3 ，则下列的关系正确的是()

- A. $V_1 > V_2 > V_3$ B. $V_1 > V_3 > V_2$
C. $V_2 > V_3 > V_1$ D. $V_3 > V_1 > V_2$

12、下图是有关氮的循环示意图。请回答:



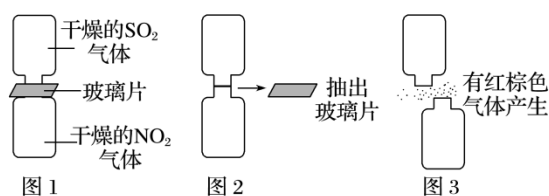
(1)请写出②中合成氨反应的化学方程式:_____。

(2)请写出③中固氮反应的化学方程式:_____。

(3)过程④中的亚硝酸盐有毒，工业上若直接排放将造成对环境的污染。已知 NaNO_2 遇到还原性较强的 NH_4^+ 会被还原为 N_2 ，在废液中加入下列物质不能使 NaNO_2 无害化排放的是 (填字母)。

- a. H_2O_2 b. NH_4Cl c. KNO_3

13、某化学学习小组为探究 NO_2 和 SO_2 的反应，特进行如下实验(如下图所示)。



(1)图 1 两集气瓶中_____ (填“上”或“下”)瓶颜色深。

(2)图 2 中反应的现象是_____。

(3)图 3 中“有红棕色气体产生”说明 SO_2 和 NO_2 反应的产物中有_____，说明 NO_2 在该反应中显_____性。

(4)由图 2 和图 3 中的现象写出 NO_2 和 SO_2 反应的化学方程式: _____

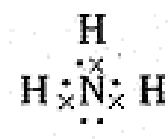
第6讲 氨气和铵盐

[知识梳理]

四、氨

氨气与氢气在一定条件下反应生成氨。在自然界中，氨是动物体特别是蛋白质腐败后的产物。氨是氮的气态氢化物。氨分子中氮以三个共价键分别与三个氢原子连结，为三角锥形结构（如图5）。

氨分子的电子式



氨分子的结构式

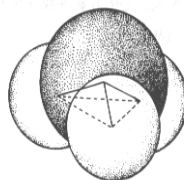
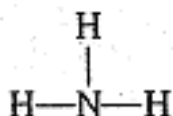


图5 氨分子的结构

（一）氨的物理性质

1. _____色有_____气味的气体；
2. 比空气_____；
3. _____溶于水，**1 体积水约可溶解 700 体积的氨气**
4. 沸点-33.5℃，易_____，液氨汽化需要吸收大量的热，所以可做_____。

氨很容易液化，在常压下冷却至-33.5℃或在常温下加压至 700kPa~800 kPa，气体氨就液化成无色液体。液氨在汽化时吸收大量的热量，使周围的温度急剧下降，所以液氨常用作致冷剂。

（二）氨的化学性质

1. 氨跟水反应

[实验活动 1] 按图 6 安装好装置。在干燥的圆底烧瓶里充满干燥的氨气，挤压滴管的胶头，使少量水进入烧瓶。观察现象。

可以看到，烧杯里的水由玻璃管进入烧瓶，形成红色的喷泉。从实验中可分析得出，氨极易溶于水。

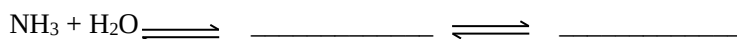


图6氨的溶解性实验

[课堂思考] 氨水中存在哪些分子和离子？

	形成	物质分类	分子	离子
氨水				

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 不稳定，受热时易分解。



2. 氨跟酸反应

氨是碱性气体，它可与酸反应生成盐。

[实验活动 2] 取一根玻璃棒在浓氨水里蘸一下，另一根玻璃棒在浓盐酸里蘸一下，然后使两根玻璃棒相互接近（如图 7），但不能接触，观察现象，解释原因。



图 7 氨跟氯化氢的反应

可以看到，当两根玻璃棒接近时，在玻璃棒周围有大量白烟产生，这白烟是由氨水里挥发出的氨跟浓盐酸挥发出的氯化氢化合生成微小的氯化铵晶体。 $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow$ _____

氨同样能跟其他酸反应，生成铵盐：



3. 氨跟氧气反应

在通常情况下，氨在氧气中不反应，但在催化剂存在的条件下，能与氧气反应生成 NO 和 H_2O ，并放出热量。

[实验活动 3] 先用酒精灯对装在玻管里的三氧化二铬催化剂进行加热，然后，缓慢地把空气压入盛有浓氨水的锥形瓶中，当催化剂保持红热时，可停止加热，观察现象。

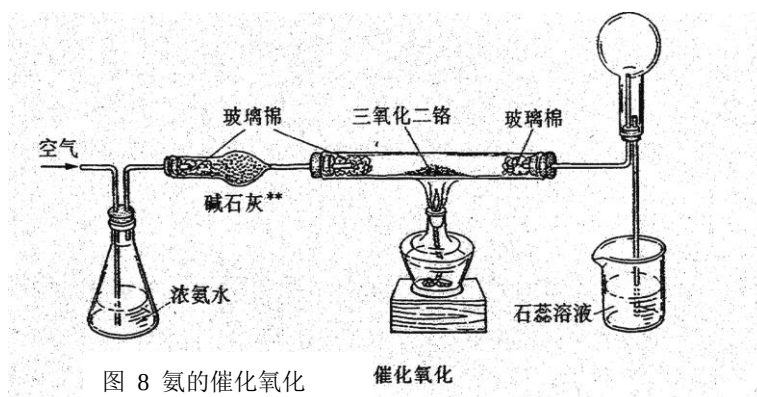


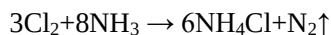
图 8 氨的催化氧化

可以看到圆底烧瓶内出现红棕色气体，这是由于生成的一氧化氮容易被空气中的氧气氧化生成二氧化氮的缘故，二氧化氮与水反应生成硝酸（同时还有一氧化氮），因此，紫色石蕊溶液变红。化学反应方程式为：



这一反应叫做氨的催化氧化（或接触氧化），它是工业上制硝酸的基础。

氨分子中氮呈-3 价，是氮元素的最低价态，在一定条件下能够被氧化，使氮的价态升高。氨气除了可被氧气氧化，也能被氯气、溴蒸气所氧化。



利用此反应中伴有发烟现象，可用于寻找运输氯气管道的漏气处。

(三) 氨的用途：制氮肥、化工原料、制冷剂

五、铵盐：铵盐一般为白色晶体，易溶于水。

1. 铵盐的热分解

[实验活动 4] 加热封闭玻璃管内的少量氯化铵固体

加热后不久，在玻璃管上端管壁上有白色固体附着。这是由于氯化铵分解生成氨和氯化氢，氨和氯化氢在玻璃管上部冷却时，它们又重新结合生成白色的氯化铵晶体。

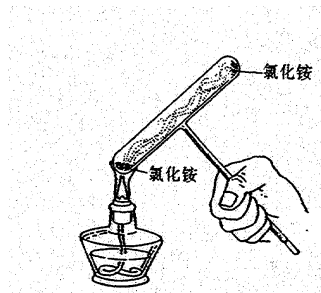


图 9 铵盐的受热分解

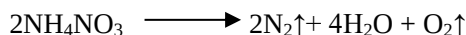
[课堂思考] 碘受热变成蒸气，蒸气遇冷又变成晶体碘。这与氯化铵受热分解的现象相似，它们变化的本质是否相同？为什么？

碳酸氢铵受热时也会分解，生成氨、水和二氧化碳。



碳酸氢铵也称碳铵，是一种氮肥。由于它受热易分解而降低肥效，所以保存时要密封包装，并放在阴凉通风处；施用时要深施盖土。

硝酸铵组成中的 NO_3^- 有较强氧化性，在加热时或受到猛烈撞击时会发生爆炸性分解。因此硝酸铵可用作炸药。



2. 铵盐跟碱的反应

[实验活动 5] 取氯化铵、硝酸铵和硫酸铵晶体各 1g，分别放在三支试管中，分别加入 NaOH 溶液。加热试管，并将湿润的红色石蕊试纸靠近管口上方，观察试纸颜色的变化。加热后试管中都有气体产生，并闻到有刺激性气味。同时还看到湿润的红色石蕊试纸变蓝。

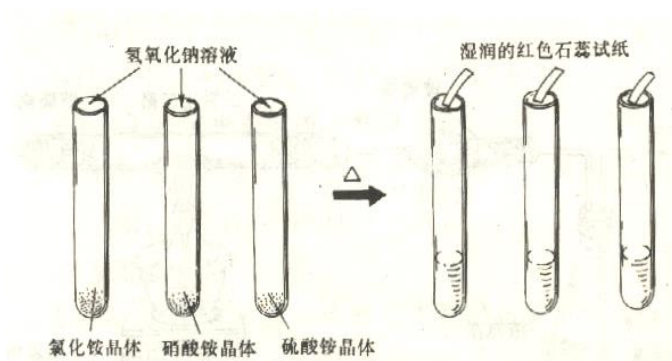
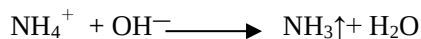


图10 铵盐和碱溶液反应

[课堂练习] 请写出上述各反应的化学方程式和离子方程式。

分析上述反应可知，铵盐跟强碱反应的本质是：



事实证明，铵盐与碱共热都能产生 NH_3 。这是铵盐的共同性质。实验室利用铵盐与碱反应的性质在实验室制取氨气，同时也利用这个性质检验 NH_4^+ 的存在。

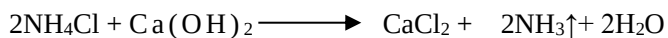
[课堂思考] (1) 在农村，为了识别化肥中的铵态氮肥（铵盐），常用白色化肥和熟石灰混合，闻一下气味，有刺激性气味的，可推知是铵态氮肥。这种简便的测试方法，是应用了铵盐的什么性质？

(2) 为什么金属焊接时可以用氯化铵作焊药？

(提示：其中的化学方程式为： $4\text{CuO} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow 3\text{Cu} + \text{CuCl}_2 + \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$)

3. 氨的实验室制法

实验室利用固体的氯化铵与氢氧化钙加热反应制取氨气，与制氧气的发生装置相同。



[课堂思考] (1) 制取氨的反应原理是什么？

(2) 如何检验氨是否收集满？能否用排水法收集氨气？

(3) 能否用浓硫酸干燥氨气？若不能，应选用什么干燥剂进行干燥？

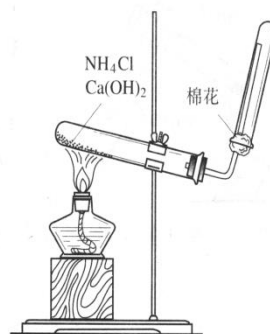


图12 氨的实验室制法

[练习]

1. 下列关于氨的说法正确的是()

A. 可用作制冷剂 B. 难溶于水 C. 可用向上排空气法收集 D. 属于电解质

2. 下列检验铵盐的方法中, 正确的是()

A. 加水溶解, 再用红色石蕊试纸检验其溶液

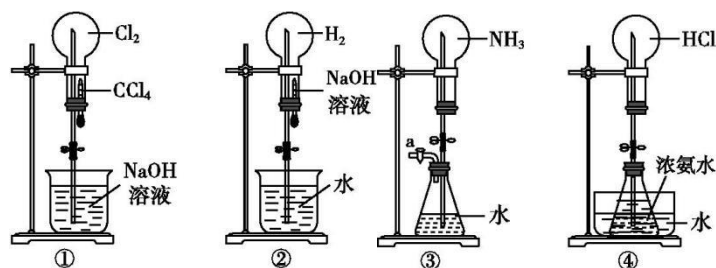
- B.加热试管,并用湿润的红色石蕊试纸接近试管口上方
C.加入氢氧化钠溶液,加热试管,并用湿润的红色石蕊试纸接近试管口上方
D.加入氢氧化钠溶液,加热试管,再滴入酚酞试液

3.下列装置能达到实验目的的是()

- A.用装置甲制备氨气
B.用装置乙除去氨气中少量水
C.用装置丙收集氨气
D.用装置丁吸收多余的氨气



4.如图所示是某课外活动小组的同学设计的4个喷泉实验方案。下列有关操作不可能引发喷泉现象的是()



- A.挤压装置①的胶头滴管使 CCl_4 全部进入烧瓶,片刻后打开止水夹
B.挤压装置②的胶头滴管使 NaOH 溶液全部进入烧瓶,片刻后打开止水夹
C.用鼓气装置从装置③的 a 处不断鼓入空气并打开止水夹
D.向装置④的水槽中慢慢加入足量浓硫酸并打开止水夹

5.下列离子方程式正确的是()

- A.实验室制 NH_3 : $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
B. NaOH 与 NH_4Cl 溶液混合加热: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
C.氨水中加盐酸: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$
D.氨气通入稀 H_2SO_4 中: $\text{NH}_3 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+$

6.下列说法中正确的是()

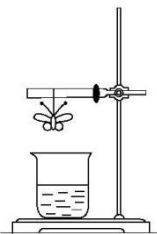
- A.用氨气做喷泉实验,都会形成红色喷泉
B.所有铵盐都易溶于水,不是所有铵盐中的氮均呈-3 价
C.氯化铝溶液中滴入过量的氨水: $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- \longrightarrow \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$

D. NH_4Cl 和 NaCl 的固体混合物可用升华法分离

7. 实验室为了更简便地制取 NH_3 , 下列方法中适合的是()

- A. NH_4Cl 与浓 H_2SO_4 混合共热 B. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$
- C. 加热浓氨水 D. 加热 NH_4HCO_3 , 生成的气体用 P_2O_5 干燥

8. 某学生用滤纸折成一只纸蝴蝶并在纸蝴蝶上喷洒某种试剂, 挂在铁架台上。另取一个盛有某种溶液的烧杯, 放在纸蝴蝶的下方(如图)。过一会儿, 发现纸蝴蝶的颜色由白色转变为红色, 喷洒在纸蝴蝶上的试剂与小烧杯中的溶液是()



	A	B	C	D
纸蝴蝶上的喷洒液	石蕊	酚酞	酚酞	石蕊
小烧杯中的溶液	浓盐酸	浓氨水	NaOH 溶液	浓硫酸

9. 现欲分离氯化钠和氯化铵的混合物, 可采用的方法是()

- A. 加入氢氧化钠溶液 B. 加入硝酸银溶液 C. 加热和冷却 D. 加入水

10. 氨气在工农业生产中有重要应用。

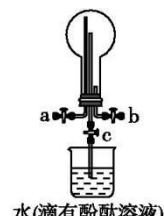
(1) 写出工业合成氨的化学方程式: _____。

(2) 某化学实验小组同学利用以下装置制备氨气, 并探究氨气的性质。

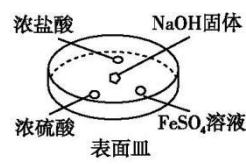
① 实验室制备氨气的化学方程式为 _____。



A



B



C

② 用装置 B 收集氨气时, 氨气的进气口是

(填“a”或“b”)。打开装置 B 中的活塞 c, 若观察到烧瓶内产生了红色喷泉, 则原因是 _____。

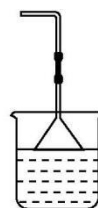
③ 向 C 中 NaOH 固体上滴几滴浓氨水, 迅速盖上盖, 观察现象。浓盐酸液滴附近会出现白烟, 发生反应的化学方程式为 _____。

FeSO_4 液滴中先出现灰绿色沉淀, 过一段时间后变成红褐色, 发生的反应包括 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ 和 _____。

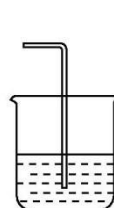
④ 为防止环境污染, 以下装置(盛放的液体均为水)可用于吸收多余氨气的是 _____ (填字母)。



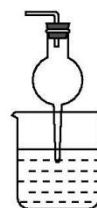
A



B



C



D

[拓展训练]

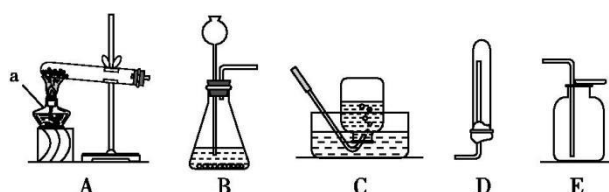
11. 硫酸铵为白色晶体,无气味,溶于水,不溶于乙醇和丙酮。硫酸铵在一定温度下分解的化学方程式为 $3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\quad} 3\text{SO}_2\uparrow + \text{N}_2\uparrow + 4\text{NH}_3\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。下列说法不正确的是()

- A. 将分解产生的混合气体,用水充分吸收,生成物中 $n[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3] : n(\text{NH}_4\text{HSO}_3) = 1 : 2$
- B. 将分解产生的混合气体,通入到 BaCl_2 溶液中能产生白色沉淀
- C. 将分解产生的混合气体,用足量的浓硫酸充分吸收后,可以收集到纯净的 N_2
- D. 将分解产生的混合气体,通入到酸性 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中,涉及氧化还原反应的离子方程式为



12. 实验室有如图所示的实验装置:

(1) 已知氨气(NH_3)是一种无色、有刺激性气味的气体,密度比空气小,极易溶于水,在实验室中通常用加热固体氯化铵和氢氧化钙的混合物来制取氨气。

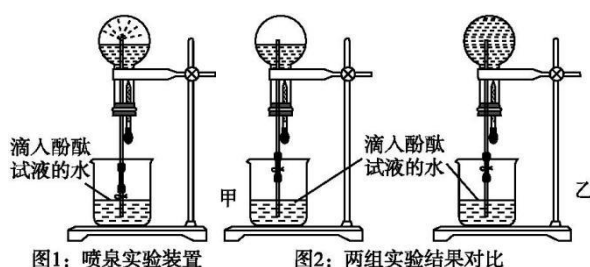


① 实验室制取氨气可以选用_____ (填字母,下同) 装置,收集氨气可以选用_____ 装置。

② 试写出实验室制取氨气的化学方程式:_____。

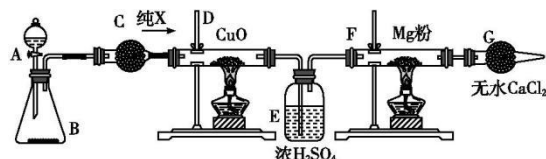
③ 如何检验收集的气体是氨气?试写出方法和结论:_____。

(2) 甲、乙两组同学用干燥的圆底烧瓶各收集一瓶氨气,根据图 1 喷泉实验的装置进行实验,都观察到美丽的红色喷泉。



根据实验现象说明氨气具有的性质是_____、_____。

13. 实验室欲用下列装置和药品来制备少量的氮化镁



如图的实验装置中,A 中盛放的是浓氨水,B 中盛放的是生石灰,C 中盛放的是干燥剂。

(1)在装置 B 中放置的固体是_____，其用途为_____。

(2)写出 F 装置中发生反应的化学方程式:_____。

(3)装置 E 和 G 的作用分别是_____。

第7讲 硫和氮的综合复习

[知识梳理]

● 铵盐的性质

虹口-8. 关于 NH_4Cl 的说法正确的是

- A. 溶于水温度升高
- B. 可作氮肥
- C. 受热分解可制氨气
- D. 属于共价化合物

闵行-7. 关于氯化铵的叙述中, 错误的是

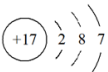
- A. 能与碱反应
- B. 是离子化合物
- C. 固体受热分解可制氨气
- D. 固体溶于水吸热

宝山-3. 下列关于 NH_4Cl 的描述错误的是

- A. 含有极性共价键
- B. 属于铵态氮肥
- C. 加热分解产物是 N_2 和 HCl
- D. 溶于水吸热

青徐汇-4. 下列关于 NH_4Cl 的描述正确的是

- A. 只存在离子键
- B. 属于共价化合物

C. 氯离子的结构示意图: 

D. NH_4^+ 的电子式: 

● 化肥

浦东-3. 铵态氮肥不能与草木灰 (有效成分 K_2CO_3) 混用的原因是铵态氮肥

- A. 呈酸性
- B. 受热易分解
- C. 易溶于水
- D. 遇碱放出氨气

松江-2. 属于硝态氮肥的是

- A. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- B. NH_4Cl
- C. KNO_3
- D. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

● 其他考点

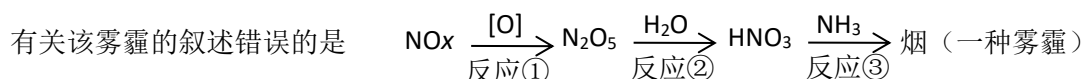
浦-10. 某工厂运输 NH_3 的管道出现小孔导致 NH_3 泄漏, 技术人员常常用一种挥发性液体进行检查, 该液体最有可能是

- A. 浓盐酸
- B. 烧碱
- C. 浓硫酸
- D. 碳酸钠

黄浦-13. 前者是物理变化, 后者是化学变化, 且都有明显颜色变化的是

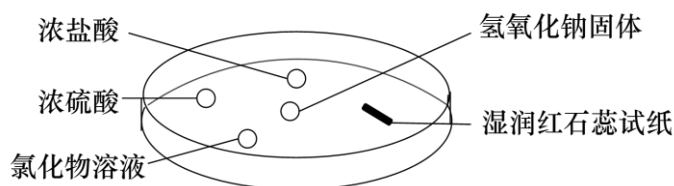
- A. 打开盛装 NO 的集气瓶; 冷却 NO_2 气体
- B. 石油分馏; 丁烷裂解
- C. 木炭吸附 NO_2 气体; 将氯气通入品红溶液中
- D. 向品红溶液中通入 SO_2 ; 向 FeCl_3 溶液中滴入 KSCN 溶液

杨浦-16. 汽车尾气中的氮氧化物（NO_x）与大气中的NH₃发生如下作用，形成一种雾霾。



- A. 该雾霾中含硝酸铵固体
B. 反应②是非氧化还原反应
C. NH₃是形成该雾霾的催化剂
D. NH₃可能来自过度施用氮肥

金山-17. 向 NaOH 固体上滴几滴浓氨水，立即用另一表面皿扣在上面。下表中对实验现象解释正确的是



选项	实验现象	解释
A	浓盐酸附近产生白烟	NH ₃ 与 HCl 反应产生了 NH ₄ Cl 固体
B	浓硫酸附近无明显现象	NH ₃ 与浓硫酸不发生反应
C	氯化物溶液变浑浊	该溶液一定是 AlCl ₃ 溶液
D	湿润红色石蕊试纸变蓝	氨气是一种碱

[练习]

1. 下列有关氮元素的单质及其化合物的说法正确的是()

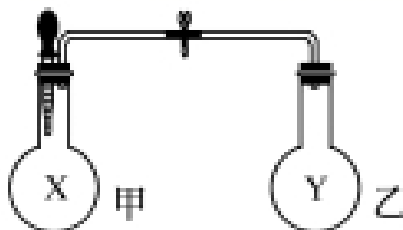
- A. 豆科植物通过根瘤菌吸收空气中的氮气，属于物理变化
B. 向装有 Fe(NO₃)₂ 溶液的试管中加入稀硫酸，在管口观察到红棕色气体，原因是 HNO₃ 分解生成了 NO₂

- C. 将蘸有浓氨水和浓硫酸的玻璃棒靠近，观察到白烟
D. 雷雨天气可以产生硝酸，不会给作物带来危害

2. 下列化学事实及其解释都正确的是()

- A. NO₂ 与水反应，NO₂ 作还原剂，水作氧化剂
B. 某溶液中含有大量的 NO₃⁻，该溶液中一定不存在大量的 Fe²⁺
C. 闪电时，空气中的 N₂ 和 O₂ 可直接化合生成 NO₂
D. 除去 NO 中混有少量 NO₂ 气体时，可以用水洗涤后再干燥

3. 某同学仿照“喷泉”实验的原理，在实验室做了一个“喷烟”实验，如图所示。他在甲、乙两个烧瓶中分别充入 X、Y 两种无色气体，在胶头滴管中盛有含酚酞的 NaOH 溶液，实验时将胶头滴管内的液体挤入甲烧瓶内，然后打开止水夹，便可以看到甲烧瓶中的导管口喷出白色的烟，同时甲烧瓶中的溶液颜色逐渐变浅。若已知 X、Y 是 HCl、NH₃、Cl₂、O₂、CH₄、SO₂、NO 气体中的两种，则下列判断中正确的是()

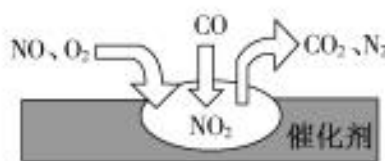


- A. X 是 NH₃, Y 是 HCl
 B. X 是 Cl₂, Y 是 NH₃
 C. X 是 SO₂, Y 是 O₂
 D. X 是 NO, Y 是 O₂

4. (2019 年松江模拟)某同学探究氨和铵盐的性质，对相关实验操作及现象描述正确的是()

- A. 室温下测定等浓度氨水和 NaOH 溶液的 pH，比较氨水和 NaOH 碱性强弱
 B. 将氨水缓慢滴入 AlCl₃ 溶液中，研究 Al(OH)₃ 的两性
 C. 将蘸有浓氨水和浓硫酸的玻璃棒靠近，观察到白烟
 D. 加热除去 NH₄Cl 中的少量 NaHCO₃

5. 随着我国汽车年销量的大幅增加，空气环境受到了很大的污染。汽车尾气装置里，气体在催化剂表面吸附与解吸作用的过程如图所示，下列说法正确的是()



- A. 反应中 NO 为氧化剂，N₂ 为氧化产物
 B. 汽车尾气的主要污染成分包括 CO、NO 和 N₂
 C. NO 和 O₂ 必须在催化剂表面才能反应

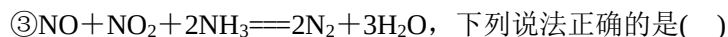
D. 催化转化总化学方程式为 $2\text{NO} + \text{O}_2 + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{CO}_2 + \text{N}_2$

6. 将红热的木炭与浓硝酸共热产生的气体等分为①和②两份，第①份先通过适量蒸馏

水,再通过少量澄清石灰水;第②份直接通过少量澄清石灰水。则石灰水的变化最可能为()

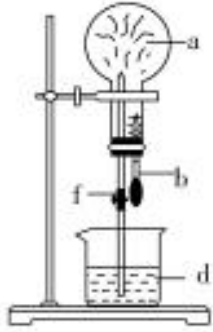
- A. ①不变浑浊, ②变浑浊 B. ①变浑浊, ②不变浑浊
C. ①变浑浊, ②变浑浊 D. ①不变浑浊, ②不变浑浊

7. (2019 年晋中模拟)SCR 法(选择性催化还原技术)是一种以 NH_3 作为还原剂,将烟气中 NO_x 分解成无害的 N_2 和 H_2O 的干法脱硝技术,反应原理为



- A. NO_2 为酸性氧化物
B. 氮气性质不活泼, 其原因是氮元素的非金属性很强
C. 反应③中标准状况下每生成 22.4 L N_2 , 转移电子数 $1.5N_A$
D. $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$, 以上各步变化均能通过一步完成

8. 在装置中, 烧瓶中充满干燥气体 a, 将滴管中的液体 b 挤入烧瓶内, 轻轻振荡烧瓶, 然后打开弹簧夹 f, 烧杯中的液体 d 呈喷泉状喷出, 最终几乎充满烧瓶。则 a 和 b 分别是()

选项	a(干燥气体)	b(液体)	
A	NO	水	
B	CO_2	饱和 NaHCO_3 溶液	
C	Cl_2	饱和 NaCl 溶液	
D	NH_3	$1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸	

9. NH_3 是一种重要的化工原料, 可以制备一系列物质(如图)。下列有关表述正确的是()



- A. NH_4Cl 和 NaHCO_3 都是常用的化肥
B. NO_2 与水反应时, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 1
C. NH_3 和 NO_2 在一定条件下可发生氧化还原反应
D. 利用上述关系制取 NaHCO_3 的操作为向饱和 NaCl 溶液中依次通入过量的 CO_2 、 NH_3 ,

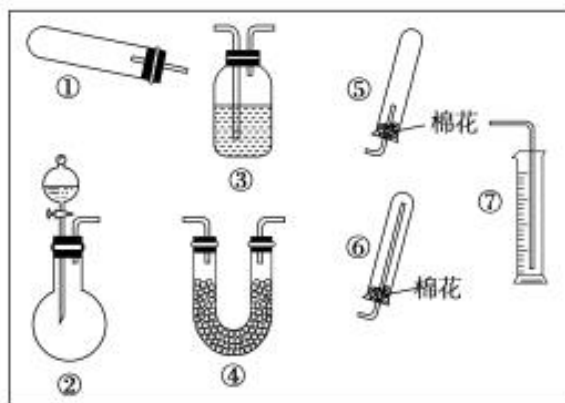
然后过滤得到 NaHCO_3

10. 废水脱氮工艺中有一种方法是在废水中加入过量 NaClO 使 NH_4^+ 完全转化为 N_2 , 该反应可表示为 $2\text{NH}_4^+ + 3\text{ClO}^- = \text{N}_2 \uparrow + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ 。下列说法中, 不正确的是()

- A. 反应中氮元素被氧化, 氯元素被还原 B. 还原性: $\text{NH}_4^+ > \text{Cl}^-$
C. 反应中每生成 1 mol N_2 , 转移 6 mol 电子 D. 经此法处理过的废水可以直接排放

11. 某同学用下列装置(固定、加热仪器和橡胶管略)进行有关氨气制取和铵盐的实验探究。

(1)若用装置①制取 NH_3 , 其反应的化学方程式为_____;
若要测定生成的 NH_3 的体积, 则必须选择的装置是_____(填装置序号), 装置中所盛试剂应具有的性质是_____。



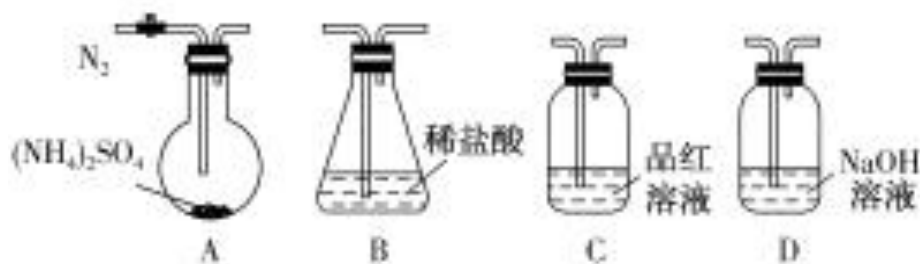
(2)若用装置②制取并收集干燥的 NH_3 , 烧瓶内装的试剂是_____, 分液漏斗中装的试剂是_____, 收集装置应选择_____(填装置序号)。

(3)题中若用到装置⑤或⑥, 棉花往往用水或酸液浸湿, 其作用是_____。

(4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 是常用的化肥和化工原料, 受热易分解。某兴趣小组拟探究其分解产物。

【查阅资料】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 在 260°C 和 400°C 时分解产物不同。

【实验探究】该小组拟选用下图所示装置进行实验(夹持和加热装置略)。



实验: 连接装置 A—D—B, 检查气密性, 按图示重新加入试剂。通入 N_2 排尽空气后, 于 400°C 加热装置 A 至 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 完全分解无残留物, 停止加热、冷却, 停止通入 N_2 。观察到装置 A、D 之间的导气管内有少量白色固体。经检验, 该白色固体和装置 D 内溶液中有 SO_3^{2-} , 无 SO_4^{2-} 。进一步研究发现, 气体产物中无氮氧化物。

- ①检验装置 D 内溶液中有 SO_3^{2-} , 无 SO_4^{2-} 的实验操作和现象是_____。
②装置 B 内溶液吸收的气体是_____。
③ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 在 400°C 分解的化学方程式是_____。

II.将洗涤后的铜丝做成匝数较多的螺旋状。

(1)请完成过程 I 发生反应的离子方程式:



①为使浓硝酸与铜丝接触,操作是打开止水夹 a 和 b,

②控制 b 和分液漏斗活塞，玻璃管充满硝酸时，关闭 b 打开 a，可见有无色气体产生。

稀硝酸充满玻璃管的目的是_____。

第9讲 化学反应速率

[学习目标]

- 1、化学反应速率的概念，体会研究反应速率的意义；
- 2、初步学会有关化学反应速率的简单计算；
- 3、解释用不同物质浓度变化表示同一化学反应速率的意义及其关系。

[知识梳理]

一、化学反应速率

1、对化学反应速率的认识

[回忆课堂实验] 钠、镁分别与水的反应

实验现象：_____

化学反应方程式：_____

得到结论：_____

(1) 概念：化学反应速率是指：_____

计算表达式：_____ 单位：_____

[思考与练习]：一定条件下 N_2 与 H_2 反应来合成 NH_3 ，经测定各物质的浓度如下表：

参加反应的物质	N_2	H_2	NH_3
起始的浓度 mol/L	1.00	1.00	0.00
浓度的变化 mol/L			
5min 后的浓度 mol/L	0.95	0.85	0.10
计算 $v(\text{N}_2)$ 、 $v(\text{H}_2)$ 、 $v(\text{NH}_3)$ [mol/(L·min)]			

结论：1) 一个反应的反应速率可以用多种物质表示，数值可能不同，但表示这个化学反应的快慢_____。

2) 用各物质表示的化学反应速率之比_____化学反应中计量数之比。如：均为气体的反应： $a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$ 中， $v(\text{A})$: _____ : $v(\text{C})$: _____ = _____ : b : _____ : d

典型例题：

例 1. 某合成氨反应不同时间测得的反应速率记录如下，速率最快的是

① $v(\text{N}_2) = 0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

② $v(\text{H}_2) = 0.02 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

③ $v(\text{NH}_3) = 0.4 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

④ $v(\text{NH}_3) = 0.01 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

[练 1]：反应 $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 2\text{D}(\text{g})$ ，测得反应速率，反应速率最快的是

A. $v(\text{D}) = 0.4 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

B. $v(\text{C}) = 0.5 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

C. $v(\text{B}) = 0.01 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

D. $v(\text{A}) = 0.005 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

例 2、反应 $4\text{NH}_3(\text{气})+5\text{O}_2(\text{气}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{气})+6\text{H}_2\text{O}(\text{气})$ 在 2 升的密闭容器中进行,1 分钟后, NH_3 减少了 0.12 摩尔, 则平均每秒钟浓度变化正确的是

- A、 NO : 0.001 摩/升 B、 H_2O : 0.002 摩/升
C、 NH_3 : 0.002 摩/升 D、 O_2 : 0.00125 摩/升

[练习 2]: 在 2 升的密闭容器中, 发生以下反应: $2\text{A}(\text{g})+\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})+\text{D}(\text{g})$

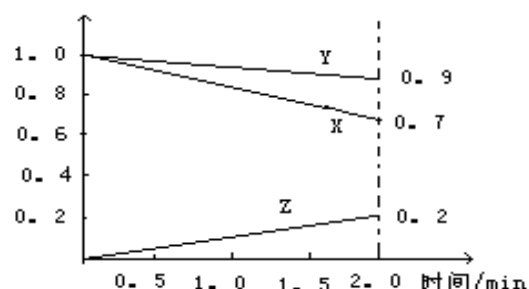
若最初加入的 A 和 B 都是 4 摩, 在前 10 秒钟 A 的平均反应速率为 $0.12 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$, 则 10 秒钟时, 容器中 B 的物质的量是

- A. 3.6 摩 B. 2.8 摩 C. 2.4 摩 D. 1.2 摩

[练习 3]: 在 $\text{N}_2+3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 的反应中, 经过一段时间后, NH_3 的浓度增加了 0.6 mol/L , 在此时间内用 H_2 表示的平均反应速率为 $0.45 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$, 则此一段时间值是

- A. 1s B. 2s C. 0.44s D. 1.33s

例 3: 某温度时, 在 2L 容器中 X、Y、Z 三种物质的物质的量随时间的变化, 曲线如右图所示, 由图中数据分析, 反应物是_____, 该反应开始至 2min, Z 的平均反应速率为_____。该反应的化学方程式为_____;



测得的反应速率记录如下:

- ① $v(\text{N}_2)=0.1 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ ② $v(\text{H}_2)=0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$
③ $v(\text{NH}_3)=0.4 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ ④ $v(\text{NH}_3)=0.01 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

其中化学反应速率最快的是_____

例 4: 将等物质的量的 A、B 混合于 2L 的密闭容器中, 发生反应: $3\text{A}(\text{g})+\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{C}(\text{g})+2\text{D}(\text{g})$, 经 5s 后, 测得 D 的浓度为 0.5 mol/L , $C_{(\text{A})}:C_{(\text{B})}=3:5$, $V(\text{C})$ 为 $0.1 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$, 求

- (1) 此时 A 的浓度及开始前放入容器中的 A、B 的物质的量
- (2) 以 B 表示的该反应的平均反应速率
- (3) n 为多少?

二、影响化学反应速率的因素

(一) 内因: _____。

【练习】下列金属粉末与等体积等浓度盐酸反应, 反应速率最快的是

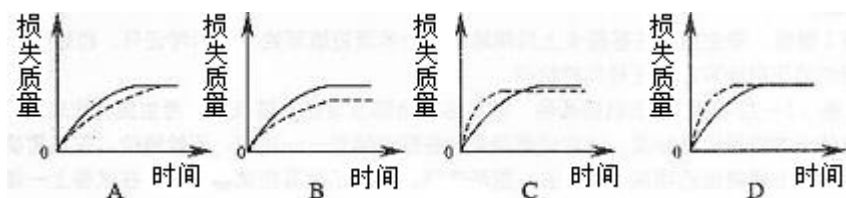
A 铜 B 铁 C 铝 D 镁

(二) 外因: _____。

1. 固体表面积:

【结论】当其条件不变时, 增大固体反应物的表面积, 可以_____。

【练习 4】: 将 10 g 块状碳酸钙跟足量盐酸反应, 反应物损失的质量随时间的变化曲线如下图的实线所示, 在相同的条件下, 将 10 g 粉末状碳酸钙与同浓度足量盐酸反应, 则相应的曲线 (图中虚线所示) 正确的是



2. 浓度:

反应方程式: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow$

【结论】当其条件不变时, 增大反应物浓度, 可以_____。

例 1: 比较下列几种情况下, 开始时反应速率大小关系 (溶液混合时忽略体积变化)

- A. 10ml 2mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 10ml 1 mol/L HCl
- B. 10ml 4mol/l $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 30ml 1 mol/L HCl
- C. 10ml 1mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 30ml 0.5mol/L HCl
- D. 10ml 1mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 30ml 0.05mol/L HCl

3. 压强:

【结论】当温度不变, 对有气体参加的反应, 增大压强, 可以_____。

例 5: 对于 $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ 反应中, 改变下列条件时, 压强如何变化? 反应速率如何变化?

- A. 缩小容器体积, 压强_____, 反应速率_____
- B. 增大气体体积, 压强_____, 反应速率_____

4. 温度:

【结论】当其它条件不变, 升高温度一般可以_____。

当其它条件不变, 升高温度时, 若反应是放热反应, 则反应速率_____, 若反应是吸热反应, 则反应速率_____。

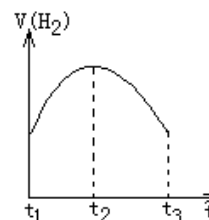
5. 催化剂:

【结论】当其它条件不变时, 加入催化剂一般可以_____。

6. 其它因素: 除上述因素外, 反应物间的接触面积、光、超声波、激光、放射线、电磁波、扩散速率和溶剂等因素也会影响反应速率。

例 6: 把下列四种 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液, 分别加进四个盛有 10mL 浓度为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸的烧杯中, 并都加水稀释至 50mL, 此时, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和盐酸缓慢地进行反应, 其中反应速率最大的是 A、10 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B、20 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ C、10 mL $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D、20 mL $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

例 7: 将除去除氧化膜的镁条投入盛有稀盐酸的试管中, 发现氢气的生成速率随时间变化如图所示:



t_1-t_2 速率变化的因素是_____, _____, 主要因素是_____

t_2-t_3 速率变化的因素是_____, _____, 主要因素是_____

[练习]

1. 下列说法正确的是

- A. 化学反应速率是指一定时间内反应物物质的量的减少或生成物物质的量的增加
- B. 化学反应速率是为 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 指 1 秒钟时某物质的浓度为 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. 根据化学反应速率的大小可以 知道化学反应进行的快慢
- D. 对于任何化学反应来说, 反应速率越快, 反应现象就越明显

2、已知 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 若反应速率分别为 $v(\text{NH}_3)$ 、 $v(\text{O}_2)$ 、 $v(\text{NO})$ 、 $v(\text{H}_2\text{O})$ 表示, 则正确的关系是

- A. $4/5v(\text{NH}_3) = v(\text{O}_2)$
- B. $5/6v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2\text{O})$
- C. $2/3v(\text{NH}_3) = v(\text{H}_2\text{O})$
- D. $4/5v(\text{O}_2) = v(\text{NO})$

3、已知有反应 $4\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightarrow 2\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ 在四种不同情况下的反应速率为, 反应最快的是

- ① $v(\text{A}) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- ② $v(\text{B}) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- ③ $v(\text{C}) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- ④ $v(\text{D}) = 0.27 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

4、若某合成氨反应在不同时间测得的反应速率记录如下:

- ① $v(\text{N}_2) = 0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- ② $v(\text{H}_2) = 0.2 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- ③ $v(\text{NH}_3) = 0.4 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- ④ $v(\text{NH}_3) = 0.01 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

其中化学反应速率最快的是_____

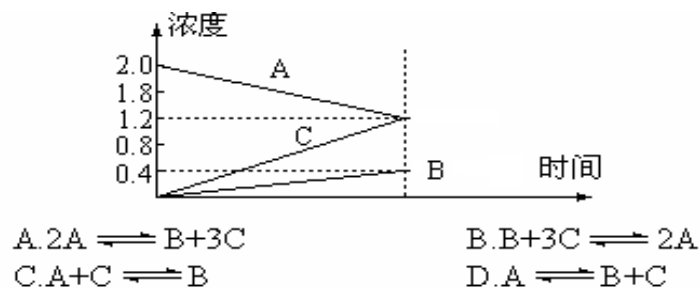
5、反应 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 经一段时间后, SO_3 的浓度增加了 $0.4\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 在这段时间内用 O_2 表示的反应速率为 $0.04\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 则这段时间为

- A. 0.1s B. 2.5s C. 5s D. 10s

6、可逆反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons x\text{C}(\text{g})$, 已知 $v(\text{A}) = a \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$, $v(\text{B}) = b\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$, $v(\text{C}) = c\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$, 则 x 的值为:

- A. bc/n B. ac/m C. nc/b D. mc/a

7、下图的曲线是 800°C 时, A、B、C 三种气体物质的浓度随时间变化的情况, T 时间时, 能以此曲线表示的反应是



8、可逆反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$, 反应开始 10s 后, A 减少 1mol, B 减少 1.25mol, C 增加 0.5mol, 则 $m:n:p$ 为

- A. 1:3:2 B. 3:1:2 C. 4:5:2 D. 无法确定

9、把 0.6mol X 气体和 0.4mol Y 气体混合于容积为 2L 的容器中使其发生如下反应: $3\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons n\text{Z}(\text{g}) + 2\text{W}(\text{g})$, 5min 末生成 0.2mol W 。

(1) 若测知以 Z 浓度变化表示的平均反应速率为 $0.01\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$, 则 n 的值为:

- A. 4 B. 3 C. 2 D. 1

(2) 上述反应在 5min 末时, 已反应的 Y 占原来 Y 的物质的量分数为

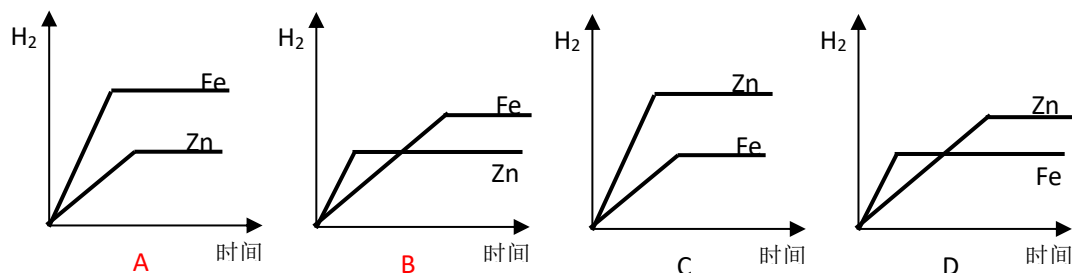
- A. 20% B. 25% C. 33% D. 50%

第 10 讲 化学平衡

[知识梳理]

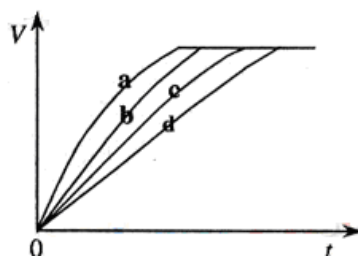
● 课前回顾

1、颗粒大小不同的等质量的铁和锌与足量的同浓度的稀硫酸反应，下列图像可能正确的是



2、等质量的铁与过量的盐酸在不同的试验条件下进行反应，测定在不同时间 t 产生氢气体积 v 的数据，根据数据绘制得到图 1，则曲线 a、b、c、d 所对应的试验组别可能是

组别	$c(\text{HCl})(\text{mol/L})$	温度($^{\circ}\text{C}$)	状态
1	2.0	25	块状
2	2.5	30	块状
3	2.5	50	块状
4	2.5	30	粉末状



A. 4-3-2-1

B. 1-2-3-4

C. 3-4-2-1

D. 1-2-4-3

● 化学平衡

1.可逆反应

可逆反应是指_____。

2.化学平衡状态

(1) 化学平衡状态是指_____，

其特征是_____。

(2) 化学平衡状态的判定的几个角度

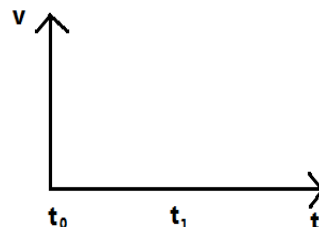
①正、逆反应的速率比

练习：可逆反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 的正、逆反应速率可用

各反应物或生成物浓度的变化来表示。下列各关系中能说明反应已达到平衡状态的是。

A $3v_{\text{正}}(\text{N}_2) = v_{\text{正}}(\text{H}_2)$

B $v_{\text{正}}(\text{N}_2) = v_{\text{逆}}(\text{NH}_3)$





②压强的变化

温度、体积一定时，可逆反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 进行到压强不再变化，是否达到平衡_____。

温度、体积一定时，可逆反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ 进行到压强不再变化，是否达到平衡_____。

③混合气体平均式量

一定条件时，可逆反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 进行到气体平均式量不再变化，是否达到平衡_____。

若是 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ 呢_____。

④混合气体密度

温度、体积一定的可逆反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ ，进行到混合气体密度不变时，是否达到平衡_____。

⑤浓度商与平衡常数的比较

【*】化学平衡常数 K

(1) K 的意义是_____；

(2) 影响 K 的条件只有_____；温度增大，K 如何变化_____？

(3) 写出以下可逆反应的平衡常数表达式。

① $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$ _____；

② $3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ _____；

③ $3\text{Br}_2(\text{aq}) + 6\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 5\text{Br}^-(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ _____；

已知 800K 时，可逆反应 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ 的平衡常数 $K=1$ 。800K 时该反应进行至 $c(\text{CO})=0.35 \text{ mol/L}$ ； $c(\text{H}_2\text{O})=0.65 \text{ mol/L}$ ； $c(\text{CO}_2)=c(\text{H}_2)=0.50 \text{ mol/L}$ 时，反应是否处于平衡状态_____； $v_{\text{正}}$ _____ ($>$ $<$ $=$) $v_{\text{逆}}$ 。

● 化学平衡的移动

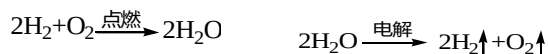
当影响化学平衡的条件改变时，平衡就会发生。

①当 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ 时，平衡向_____方向移动；

②当 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$ 时，平衡向_____方向移动。

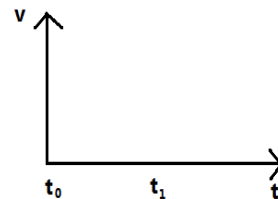
[练习]

1. 在同一条件下，能同时向_____、_____两个方向进行的反应，称为_____反应。



判断反应_____和_____是不是可逆反应_____。

2. (1) 在某容器内通入气体 A 和 B，发生反应： $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ ，反应从 t_0 时刻开始，此时 $v_{\text{正}}$ 最大， $v_{\text{逆}}$ _____，随着反应的进行， $v_{\text{正}}$ _____（增大或减小）， $v_{\text{逆}}$ _____（增大或减小），到 t_1 时刻 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ ，此时反应达到_____状态，反应物 A、B 气体的体积分数_____发生变化，生成物 C 气体的体积分数_____发生变化，反应物和生成物的混合物处于_____状态。



- (2) 在右图中画出此平衡状态形成过程的 v - t 图。

3. 以下关于化学平衡的说法，错误的是（ ）
- A. 化学平衡与溶解结晶平衡一样，是一种动态平衡
 - B. 化学平衡主要研究的是可逆反应进行的程度
 - C. 当可逆反应达到平衡时，正逆反应都还在进行，但反应物和生成物的浓度保持不变
 - D. 当一个可逆反应达到平衡时，正逆反应速度都为零
4. 对于可逆反应 $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，不能够说明反应已达平衡状态的是（ ）
- A. 碘化氢的浓度不再发生变化
 - B. 正逆反应速率相等
 - C. 各物质的物质的量浓度比为 2:1:1
 - D. 混合气体的颜色不再变化时
5. 在一定温度下，可逆反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 达到化学平衡的特征是（ ）
- A. 单位时间内生成 $2n$ mol 的 SO_2 ，同时生成 n mol 的 O_2
 - B. 单位时间内生成 $2n$ mol 的 SO_3 ，同时消耗 $2n$ mol 的 SO_2
 - C. 容器内的总压强不随时间变化
 - D. 单位时间内生成 n mol 的 O_2 ，同时生成 n mol 的 SO_3
6. 下列关于化学平衡的移动的说法中，正确的是（ ）
- A. 化学平衡是一个相对稳定的平衡，改变外界条件，平衡不会被破坏
 - B. 只要改变外界条件，化学平衡一定发生移动

- C.若改变某一外界条件后,正、逆反应速率发生变化,则原平衡状态一定被破坏
- D.若改变某一外界条件后,正、逆反应速率不再相等,则原平衡状态一定被破坏
7. 在一定温度下,向 a L 密闭容器中加入 1mol X 气体和 2 mol Y 气体,发生如下反应:
- $$X(g) + 2Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$$
- 此反应达到平衡的标志是 ()
- A.容器内压强不随时间变化
- B.容器内各物质的浓度不随时间变化
- C.容器内 X、Y、Z 的浓度之比为 1:2:2
- D.单位时间消耗 0.1mol X 同时生成 0.2mol Z
8. 可逆反应 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 的正逆反应速率可用各反应物或生成物浓度的变化来表示。
- 下列关系中能说明反应已达到平衡状态的是 ()
- A. $3v_{正}(N_2) = v_{正}(H_2)$ B. $v_{正}(N_2) = v_{正}(NH_3)$
- C. $2v_{正}(H_2) = 3v_{逆}(NH_3)$ D. $v_{正}(N_2) = 3v_{逆}(H_2)$
9. 下列哪种说法可以证明反应 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 已达到平衡状态 ()
- A. 1 个 $N \equiv N$ 键断裂的同时,有 3 个 $H-H$ 键形成
- B. 1 个 $N \equiv N$ 键断裂的同时,有 3 个 $H-H$ 键断裂
- C. 1 个 $N \equiv N$ 键断裂的同时,有 6 个 $N-H$ 键断裂
- D. 1 个 $N \equiv N$ 键断裂的同时,有 6 个 $N-H$ 键形成
10. 在一密闭容器中,反应 $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$ 达平衡后,保持温度不变,将容器体积增加一倍,当达到新平衡时,B 的浓度是原来的 60%,则 ()
- A. 平衡向逆反应方向移动了 B. 物质 B 的质量分数增加了
- C. 物质 A 的转化率减小了 D. $a > b$
11. 在 $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + Q$ 的平衡体系中,改变下列条件时,按要求将变化情况填入下表:

改变条件	正反应速率	逆反应速率	平衡移动方向
(1) 增加压强			
(2) 升高温度			
(3) 加入催化剂			

第 11 讲 化学平衡移动

[知识梳理]

● 化学平衡移动

(一)概念: _____

(二)化学平衡移动的条件

1、当改变反应条件后,化学平衡移动的方向如下:

$v(\text{正}) > v(\text{逆})$, 化学平衡_____移动;

$v(\text{正}) < v(\text{逆})$, 化学平衡_____移动;

$v(\text{正}) = v(\text{逆})$, 化学平衡_____移动

2、影响化学平衡移动的条件

(1) 浓度对化学平衡移动的影响

其他条件不变时,增大反应物浓度或减小生成物浓度,都可以使化学平衡向_____移动;

减小反应物浓度或增大生成物浓度,都可以使化学平衡向_____移动。

注意: 浓度改变是指_____浓度、_____浓度的变化, _____或_____量的改变不影响平衡的移动。

例1: 下列反应在容器中建立化学平衡: $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{SO}_3$, 若在容器中通入一定量的 O_2 , 此时反应将会发生的变化是

- A. 平衡向正反应方向移动 B. 平衡将向逆反应方向移动
C. 平衡不发生移动 D. 不使平衡移动, 但容器内压强增大

练习 1: 在一密闭容器里进行着可逆反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, 如该反应达到化学平衡时测得 SO_2 、 O_2 、 SO_3 的物质的量分别为 0.2mol, 0.1mol, 0.5mol。这时向平衡体系再加入 0.1mol O_2 , 经一段时间, 反应再次达到平衡时, SO_3 的物质的量可能为

- A. 0.6mol B. 0.5mol C. 0.7mol D. 0.8mol

练习 2: 在 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 的平衡体系中, 当分离出 NH_3 时, 下列说法正确的是

- A. 正反应速率增大 B. 平衡向逆反应方向移动
C. 正反应速率大于逆反应速率 D. 逆反应速率先变小后变大

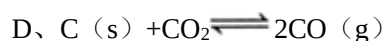
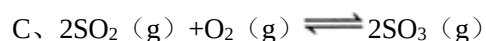
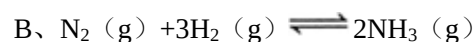
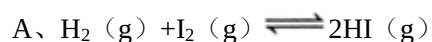
(2) 压强对化学平衡的影响

在其他条件不变的情况下, 增大压强, 会使化学平衡向着_____的方向移动; 减小压强, 会使化学平衡向着_____的方向移动。

注意：①增大压强，系数增大方向的速率____，系数减小方向的速率____，系数减小方向的速率____倍数____系数增大方向的速率____倍数；减小压强，系数增大方向的速率和系数减小方向的速率都____，但是系数减小方向的速率____倍数____系数增大方向的速率____倍数。压强改变对系数____方向速率影响程度更大。

②恒温恒容下，向密闭容器中通入与反应无关的气体，因为各组分浓度不变，故____影响化学平衡。

例 2：压强变化不会使下列反应的化学平衡发生移动的是



例 3：一定量的混合气体在密闭容器中发生反应： $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$ ，达到平衡后，温度不变，将气体体积缩小到原来的 $1/2$ 但达到平衡时，C 的浓度为原来的 1.8 倍，则下列说法正确的是

A、 $m + n > p$

B、A 的转化率降低

C、平衡向正反应方向移动

D、C 的体积分数增加

例 4：在密闭容器中 $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ 反应达到平衡后，增大压强 A 的转化率增大，若 B 物质为固体时，下列说法正确的是

A. A 若为气体，则 C 一定为气体

B. A 可能是气体，C 可能是液体

C. A 一定是气体，C 可能是液体

D. A 一定是液体，C 一定是气体

练习 3：一定量的混合气体，在密闭容器中发生如下反应： $x\text{A}(\text{气}) + y\text{B}(\text{气}) \rightleftharpoons z\text{C}(\text{气})$

达到平衡后，测得 A 的浓度为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ；在恒温下将密闭容器的体积扩大为平衡时的两倍，再达到平衡时，测得 A 的浓度为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则下列的叙述正确的是（ ）。

(A) $x + y > z$

(B) 平衡向左移动

(C) B 的转化率提高

(D) C 的百分含量增大

(3) 温度对化学平衡的影响

在其他条件不变的情况下，升高温度，会使化学平衡向着____的方向移动；降低温度，会使化学平衡向着____的方向移动。

注意：升高温度，放热反应方向速率____，吸热反应方向速率____，但是吸热反应方向速率____倍数____放热反应方向速率____倍数；降低温度，放热反应方向速率____，吸热反应方向速率____，但是吸热反应方向速率____倍数____放热反应方向速率____倍数。温度改变，对____方向速率改变影响程度更大。

例5: 在一密闭容器中进行合成氨的反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $Q > 0$, 达到化学平衡后给体系降温, 下列变化正确的是

- A. 反应混和物中 NH_3 的含量增多
- B. N_2 的转化率降低
- C. NH_3 的产率降低
- D. 混和气体的总物质的量增多

练习4: 在一定条件下, 发生 $\text{CO} + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{NO}$ 的反应, 达到化学平衡后, 降低温度, 混合物的颜色变浅。下列关于该反应的说法正确的是

- A. 该反应为一吸热反应
- B. 该反应为一放热反应
- C. 降温后 CO 的浓度增大
- D. 降温后各物质的浓度不变

练习5: 下列各反应达到化学平衡后, 加压和降温使平衡移动的方向不一致的是

- A. $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$; $Q > 0$
- B. $\text{C(s)} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$; $Q < 0$
- C. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$; $Q > 0$
- D. $2\text{O}_3 \rightleftharpoons 3\text{O}_2$; $Q > 0$

(4) **催化剂**: 催化剂能_____改变化学反应的速率, 故化学平衡_____移动, 但是可以改变达到化学平衡的时间。

(三) **勒夏特列原理**: 改变影响平衡的条件, 平衡向着_____这种改变的方向。

[练习]

1. 对于平衡状态下的可逆反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + Q$, 改变条件, 平衡不会发生移动的是
 - A. 升高温度
 - B. 增大压强
 - C. 增大反应物浓度
 - D. 加入催化剂
2. 已达化学平衡的反应 $2\text{X(g)} + \text{Y(g)} \rightleftharpoons 2\text{Z(g)}$, 减小压强时, 对反应产生的影响正确的是
 - A. 逆反应速率增大, 正反应速率减小, 平衡逆向移动
 - B. 逆反应速率减小, 正反应速率增大, 平衡正向移动
 - C. 正、逆反应速率都减小, 平衡逆向移动
 - D. 正、逆反应速率都增大, 平衡正向移动
3. 对于平衡状态下的可逆反应 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 + Q$ ($Q > 0$), 改变条件, 可使平衡向右移动的是
 - A. 升高温度
 - B. 增大压强
 - C. 增大生成物浓度
 - D. 加入催化剂
4. 对某一可逆反应来说, 使用催化剂的目的是 ()
 - A. 提高反应物的转化率
 - B. 缩短反应到达平衡的时间
 - C. 增大正反应速率, 减小逆反应速率
 - D. 改变平衡混合物的组成

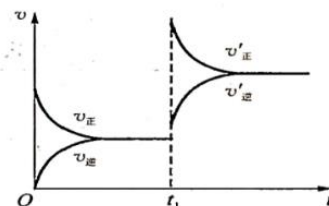
5. 下列事实不能用勒夏特列原理解释的是 ()
- 开启啤酒瓶后, 瓶中马上泛起大量泡沫
 - 由 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{I}_2(\text{g})$ 、 $\text{HI}(\text{g})$ 组成的平衡体系, 加压后颜色加深
 - 实验室中常用排饱和食盐水的方法收集氯气
 - 工业上生产硫酸的过程中使用过量的空气以提高二氧化硫的利用率
6. 下列措施或事实中, 不能用勒夏特列原理解释的是 ()
- 新制的氯水光照下溶液颜色变浅
 - 铁器在潮湿的空气里较长时间会生锈
 - 硫酸工业上 SO_2 氧化成 SO_3 , 宜采用空气过量
 - 合成氨反应常采用加压条件
7. 可逆反应 $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{?})$, 达到平衡时, 下列说法不正确的是 ()
- 增大 A 的浓度会使 B 的转化率增大
 - 升高温度, C 质量分数减少, 说明正反应为放热反应
 - 增加 D 的量, 平衡一定向逆反应方向移动
 - 增大压强, 平衡不移动, 说明 D 一定是气体
8. 某同学为了探究浓度、压强对化学平衡移动的影响, 取不同浓度的氯化铁、硫氰化钾以及密闭体积二氧化氮进行实验。

已知: $\text{FeCl}_3 + 3\text{KSCN} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KCl}$; $2\text{NO}_2(\text{红棕色}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{无色}) + Q(Q > 0)$

	序号	反应物	颜色深浅
第一组	1	FeCl_3 (0.1mol/L) KSCN (0.1mol/L)	第____组颜色深
	2	FeCl_3 (0.2mol/L) KSCN (0.1mol/L)	
第二组	3	NO_2 (10℃)	第____组颜色深
	4	NO_2 (30℃)	

9. 一定条件下 2L 的密闭容器中, 反应 $a\text{A}(\text{g}) + b\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons c\text{C}(\text{g}) + d\text{D}(\text{g})$ (正反应是吸热反应) 达到平衡。(1) 若起始时 A 为 1mol, 反应 2min 达到平衡, A 剩余 0.4mol, 则在 0~2min 内 A 的平均反应速率为_____。

(2) 在其他条件不变的情况下, 扩大容器体积, 若平衡向逆反应方向移动, 则 $a+b$ _____ $c+d$ (选填 “>”、“<” 或 “=”), $v_{\text{逆}}$ _____ (选填 “增大”、“减小” 或 “不变”)。



(3) 若反应速率(v)与时间(t)的关系如右图所示, 则导致 t_1 时刻速率发生变化的原因可能是 _____ (选填编号)

- a. 增大 A 的浓度 b. 缩小容器体积 c. 加入催化剂 d. 升高温度

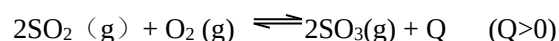
10. 下列是几位同学在学习了化学反应速率和化学平衡原理的相关知识后, 联系化工生产实际所发表的看法, 其中错误的是 ()

- A. 化学反应速率理论可以指导我们如何利用有限的原料多出产品
B. 化学反应速率理论可以指导我们如何在一定的时间内快出产品
C. 化学平衡理论可以指导我们如何将原料尽可能多地转化为产品
D. 化学反应速率和化学平衡理论可以指导化工生产提高经济效益

11. 合成氨时, 要又快又多, 可采取的方法是 ()

- A. 加入催化剂 B. 升高温度 C. 增大压强 D. 分离出 NH_3

12. 在一定条件下, 二氧化硫和氧气发生如下反应:



(1) 写出该反应的化学平衡常数表达式

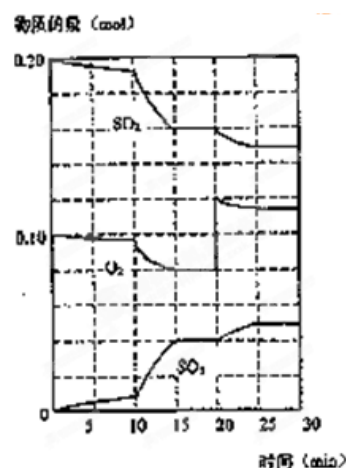
$K =$ _____

(2) 降低温度, 该反应 K 值 _____,

二氧化硫转化率 _____, 化学反应速度 _____

(以上均填增大、减小或不变)

(3) 600°C 时, 在一密闭容器中, 将二氧化硫和氧气混合, 反应过程中 SO_2 、 O_2 、 SO_3 物质的量变化如图, 反应处于平衡状态的时间是 _____。



(4) 据图判断, 反应进行至 20min 时, 曲线发生变化的原因是 _____ (用文字表达)

10min 到 15min 的曲线变化的原因可能是 _____ (填写编号)。

- a. 加了催化剂 b. 缩小容器体积 c. 降低温度 d. 增加 SO_3 的物质的量

13. 反应① $\text{Fe}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeO}(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) + a\text{kJ}$;

反应② $\text{CO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + b\text{kJ}$

测得在不同温度下, 反应①的平衡常数 K 值随温度的变化如下:

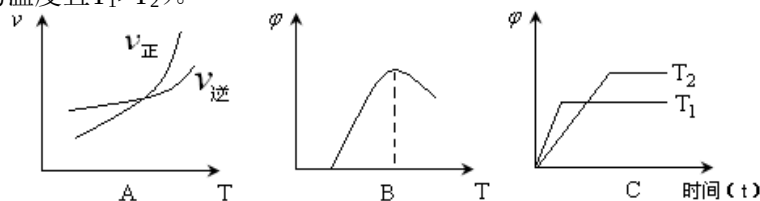
温度/ $^\circ\text{C}$	500	700	900
K	1.00	1.47	2.40

(1) 反应①的化学平衡常数表达式为_____，a_____0 (填“大于”、“小于”或“等于”)。在500℃ 2L密闭容器中进行反应①，CO₂起始量为4mol，其转化率为50%，则CO的平衡浓度为_____。

(2) 700℃反应①达到平衡，要使该平衡向右移动，其它条件不变时，可以采取的措施有_____ (填序号)。

A. 缩小反应器体积 B. 通入CO₂ C. 升高温度到900℃ D. 使用合适的催化剂

(3) 下列图像符合反应①的是_____ (填序号) (图中v是速率、φ为混合物中CO含量，T为温度且T₁>T₂)。



(4) 由反应①和②可求得，反应2Fe(s) + O₂(g) ⇌ 2FeO(s) + Q 的Q=_____。

14. 已知某可逆反应在密闭容器中进行。

$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(s)$ 放出热量，图中曲线a代表一定条件下该反应的过程。若使a曲线变为b曲线，可采取的措施是 ()

- A. 增大A的浓度 B. 缩小容器的容积
C. 加入催化剂 D. 升高温度

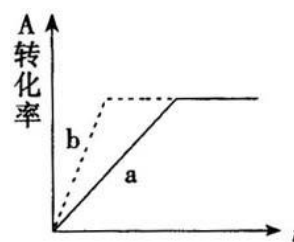
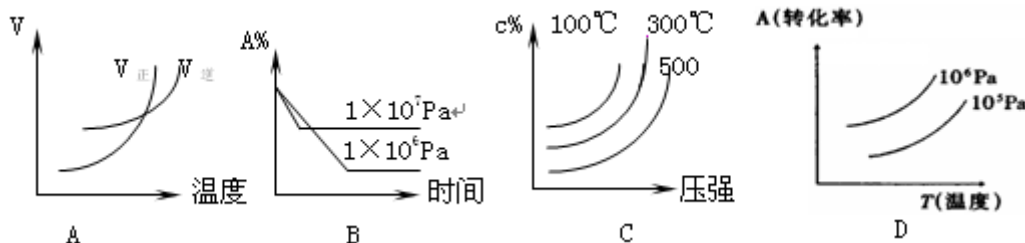


图 2—15

15. 在密闭容器里通 A、B 两种气体，发生如下可逆反应

$A(气) + 2B(气) \rightleftharpoons 2C(气) + 2D(气); -Q$ ，下列示意图正确的是 ()



16. 下列变化不能用勒夏特列原理来解释的是

- A. 红棕色的 NO₂ 气体加压后颜色先变深再变浅
B. H₂、I₂、HI 混合气体加压后颜色变深
C. 二氧化硫转化为三氧化硫时增加空气的量以提高二氧化硫的转化率

D. 打开汽水瓶，看到有大量的气泡逸出

17、在某温度下，把 1molN₂ 和 3molH₂ 通入一密闭容器里，发生反应：N₂ (g) + 3H₂ (g) $\rightleftharpoons$ 2NH₃ (g) (正反应放热)，反应达到平衡状态时，改变以下条件：

条件改变		平衡移动 方向	新平衡状态				转化率	
			C (N ₂)	C (H ₂)	C (NH ₃)	NH ₃ 含量	N 2	H 2
恒 容	通入 1molN ₂					——		
	升温							
	通入氦气							
	移走 1molH ₂					——		
	通入 1molN ₂ , 3molH ₂							
	通入 2molNH ₃						——	——
缩小体积增大压强								

第 12 讲 电解质的基本概念

[知识梳理]

● 电解质与非电解质

一、氯化钠水溶液导电的原因

导电是怎么回事？_____

NaCl 的水溶液为什么会导电呢？（水溶液的导电能力由什么决定？）

[总结]导电的原因：带电粒子的定向移动

金属导电：存在自由移动的电子

电解质溶液导电（熔融盐）：自由移动的离子

二、电解质及电离的概念

1. 电离：电解质在水溶液里或熔融状态下离解成自由移动离子的过程。

（不需要通电，这是一个_____变化）

2. 电解质与非电解质

（1）电解质：在水溶液_____熔融状态下能导电的化合物。常见类别：_____

（2）非电解质：在水溶液中和熔融状态下均不能导电的化合物。

常见类别：_____、_____、_____

提示：单质和混合物既不是电解质也不是非电解质

注：强碱和绝大多数盐既能在水溶液中导电又能在熔融状态导电；酸只在水溶液中能导电，在熔融态不导电；非电解质在水溶液中和熔融状态下都不导电。

[练习]判断正误，并说明理由：

1. 在水溶液中或熔融状态下能够导电的物质一定是电解质。
2. 铁能导电，所以铁是电解质；硫磺不能导电，它是非电解质。
3. 氢氧化钠固体不导电，所以它不是电解质。
4. H_2SO_4 的水溶液能导电，但熔融态不导电，它是电解质。
5. 碳酸钙、硫酸钡等不溶性盐的水溶液不导电，它们不是电解质。
6. CO_2 的水溶液能导电，所以它是电解质。

[强化练习]有下列物质：1. 氢氧化钠固体 2. 铜丝 3. 硫酸溶液 4. 二氧化碳气体 5. 蔗

糖晶体 6. 熔融氯化钠 7. 氯化钠溶液 8. 氯化氢气体 9. 氯气 10. 酒精

(1) 属于电解质的是_____

(2) 属于非电解质的是_____

(3) 上述状态下可导电的是_____

(4) 属于电解质，但在上述状态下不能导电的是_____

● 强电解质与弱电解质

1、强电解质：_____。常见类别：_____

2、弱电解质：_____。常见类别：_____

[练习]下列物质属于电解质的是_____，非电解质的是_____

强电解质的是_____，弱电解质的是_____

(1)NaCl (2)KNO₃(aq) (3)SO₂ (4)Cl₂ (5) CH₃COOH (6)C₂H₅OH (7)Al₂O₃

(8)HCl (9)稀盐酸 (10)钠 (11)NH₃·H₂O (12)H₂SO₄ (13) NH₃

(14)Cu(OH)₂ (15)BaSO₄

例 2.把 0.05 mol NaOH 固体分别加入到 100 mL 下列液体中，溶液的导电能力变化最小的

A、自来水

B、0.5 mol / L 盐酸

C、0.5 mol / L CH₃COOH 溶液

D、0.5 mol / L KCl 溶液

● 电离与电离方程式

(1) 用化学符号表示电解质电离成自由移动离子的过程。

(2) 电离方程式的书写：

HNO₃

NaOH

NaHCO₃

NaHSO₄

Mg(NO₃)₂

H₂CO₃

Ba(OH)₂

H₂SO₄

KCl

CH₃COOH

NH₃ · H₂O

H₂S

说明：①强电解质完全电离，书写离子方程式用“=”

②弱电解质的电离是部分电离，书写离子方程式用“ $\rightleftharpoons$ ”

③多元弱酸是分步电离的，一般由第一步决定；多元弱碱的电离也分步电离，但一步写完。

[练习]

1.下列三种化合物由左到右是按强电解质、弱电解质、非电解质的顺序排列的是（ ）

A. HCl 、 CaCO₃ 、 SO₂

B. HClO、 H₂S 、 C₂H₅OH

C. KNO_3 、 CH_3COOH 、 NH_3 D. BaSO_4 、 H_3PO_4 、 H_2O

2. 对于强电解质, 正确的说法是 ()

- A. 离子化合物不一定是电解质 B. 在水溶液里全部电离的化合物
C. 熔化状态下能够导电的物质 D. 离子化合物和共价化合物都是强电解质

3. 下列电离方程式正确的是 ()

- A. $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{O}^{2-} + \text{H}^+$ B. $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$
C. $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{ClO}^- + \text{H}^+$ D. $\text{CH}_3\text{COONH}_4 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$

4. 下列物质的水溶液能导电, 但属于非电解质的是 ()

- A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ B. Cl_2 C. NH_4HCO_3 D. SO_2

5. 下列物质属于强电解质的是 ()

- A. CO_2 B. CaCO_3 C. 石墨 D. H_2CO_3

6. 下列叙述中, 能证明某物质是弱电解质的是 ()

- A. 水溶液的导电能力很弱 B. 稀溶液中已电离的离子和未电离的分子共存
C. 在水溶液中, 存在分子 D. 熔化状态时不导电

7. 区别电解质强弱的合理依据是 ()

- A. 溶液的导电能力 B. 一定浓度时的电离程度
C. 水溶性大小 D. 与酸或碱反应时消耗酸或碱的量

8. 下列说法正确的是 ()

- A. 强极性键形成的化合物不一定是强电解质
B. 强电解质溶液的导电能力一定比弱电解质溶液强
C. NaCl 溶液在电流的作用下电离成钠离子和氯离子
D. 氯化钠晶体不导电是由于氯化钠晶体中不存在离子

9. 下列说法正确的是 ()

- A. 二氧化碳溶于水能部分电离, 故二氧化碳属于弱电解质
B. 氯化钠溶液在电流作用下完全电离成钠离子和氯离子
C. 硫酸钡难溶于水, 但硫酸钡属强电解质
D. 强电解质溶液的导电性一定比弱电解质溶液的导电性强

10. 下列关于电解质电离的叙述中, 不正确的是 ()

- A. 电解质的电离过程就是产生自由移动离子的过程
B. 碳酸钙在水中的溶解度很小, 但被溶解的碳酸钙全部电离, 所以碳酸钙是强电解质
C. 氯气和氨气的水溶液导电性都很好, 所以它们是强电解质

D. 水难电离, 纯水几乎不导电, 所以水是弱电解质

11. 只能在水溶液中导电的强电解质是 ()

- A. NaOH B. SO₂ C. HCl D. CH₃COOH

12. 现有以下物质: ①NaCl 晶体 ②液态 SO₃ ③液态的醋酸 ④汞 ⑤BaSO₄ 固体 ⑥纯蔗糖 (C₁₂H₂₂O₁₁) ⑦酒精(C₂H₅OH) ⑧熔化 KNO₃, 请回答下列问题(用序号):

- (1) 以上物质中能导电的是_____
- (2) 以上物质属于电解质的是_____
- (3) 以上物质中属于非电解质的是_____
- (4) 以上物质中属于强电解质的是_____
- (5) 以上物质中溶于水后形成的水溶液能导电的是_____

13. 写出下列物质的电离方程式:

- (1) H₂SO₄ _____
- (2) Ba(OH)₂ _____
- (3) CH₃COOH _____
- (4) NH₄Cl _____
- (5) NH₃ · H₂O _____
- (6) H₂CO₃ _____

14. 电解质溶液导电能力的强弱决定于 ()

- A. 溶液中离子的浓度 B. 溶液的浓度
- C. 溶液的体积 D. 电解质本身的化学性质

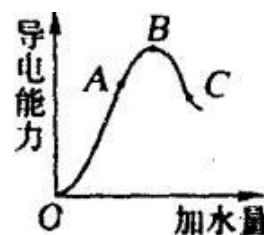
15. 下列各组物质反应后, 溶液的导电性比反应前明显增强的是 ()

- A. 醋酸里加入氢氧化钠 B. 向硝酸银溶液中通入少量氯化氢
- C. 向氢氧化钠溶液中通入少量氯气 D. 向硫化氢饱和溶液中通少量二氧化硫

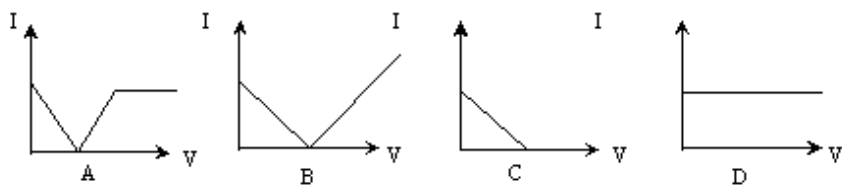
16. 在一定温度下, 冰醋酸加水稀释过程中, 溶液的导电能力如右图

所示。请回答:

- (1) “O”点导电能力为“0”的理由是_____。
- (2) A、B、C 三点 pH 值由大到小的顺序是_____。
- (3) A、B、C 三点电离度最大的是_____。



17. 向一定体积的 Ba(OH)₂ 溶液中逐滴加入稀硫酸, 溶液的导电性 (以电流 I 表示) 和滴入的稀硫酸的体积 (用 V 表示) 间的关系正确的是 ()



第 13 讲 电离平衡

[知识复习]

- 根据电解质的电离程度不同, 可以将电解质分为_____电解质和_____电解质。
- 下列物质中, 属于强电解质的物质是_____, 属于弱电解质的物质是_____

A、 K_2SO_4 B、 H_2S C、 CH_3COOH D、 $NH_3 \cdot H_2O$ E、酒精 F、稀硝酸

G、 Cl_2 H、 NH_3 I、 CO J、 NH_4Cl K、 $Al(OH)_3$ L、液态 HCl
- 写出下列物质在水中的电离方程式:

- (1) $HClO_4$ _____ (2) CH_3COONH_4 _____
- (3) $NaHSO_4$ _____ (4) $NaHCO_3$ _____
- (5) $NH_3 \cdot H_2O$ _____ (6) HAc _____

[知识梳理]

电离平衡是指: 在_____ (如: _____、_____) 下, 当_____ 电解质分子_____ 的速率和_____ 的速率_____ 时, 电离过程就达到了平衡状态。

电离平衡的特征是_____, _____, _____, _____, _____。

1、弱电解质的电离平衡概念: 以醋酸为例: $CH_3COOH \rightleftharpoons$

1) 建立平衡

2) 比较化学平衡和电离平衡, 形成知识系统

	化学平衡	电离平衡
可逆的含义	正、逆反应同时存在 体系中反应物和生成物同时存在是一个平衡体系	分子电离成离子、离子结合成分子同时存在 体系中弱电解质分子和离子同时存在 (以分子为主) 是一个平衡体系
平衡状态	动态平衡	动态平衡
平衡移动	外界条件改变平衡移动	外界条件改变平衡移动
表示方法	可逆反应	电离可逆
特征	等、定、动、变	等、定、动、变

【小结】电离平衡只是化学平衡的一种具体表现

2、影响电离平衡因素

思考：从化学平衡的知识出发寻找可能对电离平衡产生影响的因素

结论：影响电离平衡的因素有_____也遵循_____

例题 1：向 1mol/L 醋酸溶液中加入各种物质，请按要求完成下表

	平衡移动方向	$n(\text{H}^+)$	$C(\text{H}^+)$	$C(\text{CH}_3\text{COO}^-)$	$C(\text{CH}_3\text{COOH})$	电离程度	导电能力	改变原因
微热								电离吸热
加水								稀释效应
加少量冰醋酸								
加少量 NaOH(s)								
通 HCl(g)								
加少量 $\text{CH}_3\text{COONa(s)}$								同离子效应

(1) 内因：_____

(2) 外因条件：

①温度：(温度效应) 升高温度，平衡向_____的方向移动，这是因为电离的方向是_____

②浓度：(稀释效应) 在一定温度下，浓度的变化会影响电离平衡。对于同一弱电解质来说，溶液越稀，弱电解质的电离程度就越_____。因此，稀释溶液会促使弱电解质的电离平衡向_____的方向移动。(反之，弱电解质分子浓度越大，电离程度越_____。)

③同离子效应：加入含有与弱电解质具有相同离子的强电解质(盐)，从而使弱电解质的电离平衡朝着生成弱电解质分子的方向移动，弱电解质的电离程度降低的效应称为同离子效应。

④化学反应：某一物质将电离出的离子反应掉而使电离平衡向电离方向移动

3、强弱电解质的比较：(包括导电能力等比较)

[例 4]把 0.05mol NaOH 固体分别加入到下列 100mL 液体中，溶液的导电性或导电能力基本不变或变化不大的是 () A. 自来水 B. 0.5mol/L 盐酸 C. 0.5mol/L 醋酸 D. 0.5mol/L 氨水 E. 0.5mol/L 氯化铵溶液

[例 5]20℃、30℃下，分别有 pH=5 的醋酸 A、B 各一瓶，则 A、B 醋酸浓度的大小关系为_____。

变 1: 常温下, 某稀氨水的 $\text{pH}=\text{a}$, 若将该溶液升温至 30°C , pH 变为 b ; 若将该溶液冷却至 5°C , pH 变为 c , 则 a 、 b 、 c 的大小关系为_____。

[例 6] 常温, 0.1mol/L 的醋酸溶液中, 有 $\text{a}\%$ 的醋酸发生了电离, 恒温稀释该溶液至 0.01mol/L , 有 $\text{b}\%$ 的醋酸发生了电离, 则醋酸的电离程度变_____, a 与 b 的大小关系为_____。

变 2: 常温下, 某稀醋酸溶液不慎滴入一滴蒸馏水, 欲使其 pH 恢复原数值, 则可选择升温还是降温? _____。

[例 7] 1mol/L 的醋酸、盐酸、硫酸各 1L , 分别加入足量的锌, 比较大小(由大到小):

- (1) 开始反应时 $\text{c}(\text{H}^+)$ 大到小_____, pH 大到小_____
- (2) 开始反应时产生氢气的速率_____,
- (3) 最终收集到的氢气的物质的量分别为_____。
- (4) 分别稀释 100 倍后溶液的 $\text{c}(\text{H}^+)$ 大到小_____, pH 大到小_____

[例 8] 有 $\text{pH}=3$ 的 CH_3COOH 和 $\text{pH}=3$ 的 HCl , 比较大小(由大到小):

- ① 物质的量浓度 _____
- ② 等体积时与足量铁反应速率及放出氢气体积 _____
- ③ 等体积时能中和氢氧化钠的物质的量 _____
- ④ 均稀释 10 倍后的 pH _____

[练习]

1. 下列有关“电离平衡”的叙述中正确的是 ()

- A. 电解质在溶液里达到电离平衡时, 分子的浓度和离子的浓度相等
- B. 电离平衡时, 由于分子和离子的浓度不断发生变化, 所以说电离平衡是动态平衡
- C. 电离平衡是相对的、有条件的, 外界条件改变时, 平衡就会发生移动
- D. 电解质达到电离平衡后, 弱电解质分子电离成离子的速率为零

2. 下列各式中, 属于正确的电离方程式的是 ()

- A. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$
- B. $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$
- C. $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$
- D. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

3. 下列电离方程式中, 错误的是 ()

- A. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$
- B. $\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$
- C. $\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{I}^-$
- D. $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$

4. 在 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ 中, 要使电离平衡向右移动, 应采取的措施是 ()

- A. 降温
- B. 加入浓盐酸
- C. 加催化剂
- D. 加热

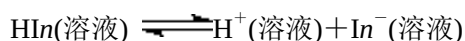
5. 在 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ 中, 要使 $\text{c}(\text{H}^+)$ 减小, 应采取的措施是 ()

- A. 降温
- B. 加入浓盐酸
- C. 加催化剂
- D. 加热

6. 在 Na_2HPO_4 溶液中, 存在着下列平衡 $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$
- $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$ 已知该溶液呈碱性。欲使溶液中的 HPO_4^{2-} 、 H^+ 、 PO_4^{3-} 浓度都减小, 可采取的方法是 ()
- A. 加石灰水 B. 加盐酸 C. 加烧碱 D. 用水稀释
7. 能使 $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ 电离平衡向正反应方向移动, 且使所得溶液是酸性的措施是 ()
- A. 在水中加小苏打 B. 在水中加稀硫酸
- C. 在水中加明矾固体 D. 在水中加 NaHSO_4 固体
8. 下列操作中, 能使电离平衡 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$, 向右移动且溶液呈酸性的是 ()
- A. 向水中加入 NaHSO_4 溶液 B. 向水中加入 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液
- C. 向水中加入 Na_2CO_3 溶液 D. 将水加热到 100°C , 使 $\text{pH}=6$
9. 在 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ 的电离平衡中, 要使电离平衡右移且氢离子浓度增大, 应采取的措施是 ()
- A. 加入 NaOH B. 加入盐酸 C. 加水 D. 升高温度
10. 在 0.2mol/L 氨水中存在着下列平衡: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 当改变条件时, 表中各项内容有何变化:

改变条件	平衡移动方向	pH 值	$\text{C}(\text{NH}_4^+)$
通入氨气至饱和			
加入少量盐酸			
加入少量 NH_4Cl			
加水稀释			

11. 足量 Mg 与一定量的盐酸反应, 为了减慢反应速率, 可向盐酸中加入物质是 ()
- A. NaOH 固体 B. H_2SO_4 C. CH_3COONa 固体 D. MgO
12. 25°C 时, 水的电离达到平衡: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- - Q$, 下列叙述正确的是 ()
- A. 将水加热至沸腾后测得 $\text{pH}=6$, 呈酸性
- B. 向水中加入稀盐酸, 促进水的电离
- C. 向水中加入少量固体 NaCl , 平衡逆向移动
- D. 向水中加入稀氨水, 平衡逆向移动
13. 化合物 HIn 在水溶液中因存在以下电离平衡, 故可用作酸碱指示剂



红色

黄色

浓度为 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的各溶液①盐酸②石灰水 ③NaCl 溶液 ④NaHSO₄ 溶液 ⑤氨水

其中能使指示剂显红色的是 ()

- A. ①④⑤ B. ②⑥ C. ①④ D. ②③

14. 下列事实能说明醋酸 (CH₃COOH) 是弱酸的是 ()

- A. 醋酸溶液能使紫色石蕊试液变红
B. 将 pH=3 的醋酸溶液稀释 10 倍, 溶液的 pH<4
C. 醋酸溶液能与鸡蛋壳反应生成二氧化碳
D. 等体积浓度的醋酸溶液与氢氧化钠溶液恰好完全反应

15. 能够说明氨水是弱碱的事实是 ()

- A. 氨水具有挥发性 B. 0.1mol/L 氨水溶液 pH=11
C. 氨水溶液能导电 D. 氨水能与硫酸反应

16. 氨水溶液中存在的平衡体系有_____

(写出有关的方程式), 所含有的微粒是_____。加入 NH₄Cl 晶体, 溶液的碱性_____ (填 “增大” “减小” “不变”)

17. H₂S 溶液中存在着 $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$ 和 $\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ 的平衡, 当向 H₂S 溶液中加入 CuSO₄ 溶液后, S²⁻ 会与 Cu²⁺ 生成难溶于水难溶于酸的 CuS 沉淀, 则 H₂S 的电离平衡向_____移动, [S²⁻]_____, [H⁺]_____; 若将 H₂S 溶液加热至沸, [H₂S]_____

18. 请根据电解质溶液的相关知识, 回答下列问题:

(1) 现有下列 6 种物质: ①氯化氢、②苯、③冰醋酸、④葡萄糖、⑤氯化钾、⑥氯气, 其中属于非电解质的是_____ (填编号); 熔融状态能导电的是_____ (填编号), 它的电离方程式是: _____。

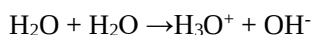
(2) 25℃时, 0.01mol/L 的盐酸的 pH 为_____, 稀释 10 倍后 pH 为_____。0.01mol/L 醋酸溶液中 c(H⁺) _____ 0.01mol/L (填 “>”、“<” 或 “=”), 写出醋酸的电离方程式: _____

第 15 讲 水的离子积和 pH 值计算

[知识梳理]

一、水的电离

水是_____（填电解质/非电解质），发生发生微弱的（自偶）电离。



简写： $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

实验测定：25°C $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

100°C $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

二、水的离子积 (K_w)

实验测定：25°C $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14}$ （定值）；100°C $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$
 $= 1 \times 10^{-12}$

理解 K_w 时要注意以下几点：

① K_w 只与温度有关，因为水的电离过程是吸热过程，温度升高，水的电离程度增大， K_w 也增大。

对于中性水，尽管 K_w 温度升高，电离度增大，但仍是中性水， $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ 。

② K_w 不仅适用于纯水，还适用于酸或碱的稀溶液。无论哪种溶液均存在

中性溶液， $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

酸性溶液： $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ， $c(\text{H}^+) > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ $c(\text{OH}^-) < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

碱性溶液： $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$ ， $c(\text{H}^+) < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ $c(\text{OH}^-) > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

$c(\text{H}^+)$ 越大，酸性越强； $c(\text{OH}^-)$ 越大，碱性越强。

三、溶液pH值的计算

1.pH的计算公式：

$$(1) K_w = c(\text{H}^+) c(\text{OH}^-), \quad c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} \quad c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)}$$

$$(2) \text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$$

2.酸或碱溶液及稀释后的pH值的计算(25°C)

1) 强酸强碱溶液(单一溶液)pH值的计算

例1. 求0.1mol/L的HCl和NaOH的pH值。

例2. 求 $\text{pH}=1$ 的 HCl 的浓度；求 $\text{pH}=12$ 的 NaOH 的浓度

2) 强酸或强碱溶液稀释后的 pH 值的计算(25°C)

[例题1]求将 10mL $\text{pH}=5$ 的盐酸稀释到 100mL ， 10000mL 后溶液的 pH 值。

[练习1]求将 10mL $\text{pH}=12$ 的氢氧化钠溶液稀释到 100mL ， 10000mL 后溶液的 pH 值。

[小结1]

①强酸溶液， $\text{pH}(\text{稀释}) = \text{pH}(\text{原来}) + \lg n$ (n 为稀释的倍数)

②强碱溶液， $\text{pH}(\text{稀释}) = \text{pH}(\text{原来}) - \lg n$ (n 为稀释的倍数)

3. 强酸溶液混合后溶液的 pH 计算

[例题] $\text{pH}=1$ 的盐酸与 $\text{pH}=5$ 的盐酸等体积混合后溶液的 pH 值为多少？

[练习] $\text{pH}=2$ 的盐酸与 $\text{pH}=4$ 的盐酸按体积比2:1混合后溶液的 pH 值为多少？

[小结2]

两强酸溶液混合时，设酸1中 H^+ 浓度为 C_1 ，体积为 V_1 ；设酸2中 H^+ 浓度为 C_2 ，体积为 V_2 则：

$C(\text{H}^+)(\text{混}) = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2}$ ； $\text{pH}(\text{混}) = -\lg C(\text{H}^+)(\text{混})$

4. 强酸与强碱溶液的混合

[例题] 50mL 0.6mol/L NaOH 溶液和 50mL 0.4mol/L 硫酸相混合后，溶液的 pH 约为多少？

[练习] 50mL 0.6mol/L NaOH 溶液和 50mL 0.4mol/L 盐酸相混合后，溶液的 pH 约为多少？

[小结3] 在酸碱反应中应先求出酸或碱哪者过量，再求溶液的 pH

四、水电离产生的 $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 的计算

例4: 某温度下纯水中 $C(H^+) = 2 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, 则此时溶液中的 $C(OH^-) =$ _____

若温度不变, 滴入稀盐酸使 $C(H^+) = 5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$, 则此时溶液中的 $C(OH^-) =$ _____

此溶液中水电离产生的 $c(H^+) =$ _____, 水电离产生的 $C(OH^-) =$ _____

答案: $2 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ $8 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ $8 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ $8 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$

【变式训练9】 室温下, 在 $\text{pH}=12$ 的某溶液中, 由水电离的 $c(OH^-)$ 为 ()

A. $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ B. $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ C. $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ D. $1.0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$

【变式训练10】 以下对常温时 pH 为9的 KOH 溶液与 pH 为9的 Na_2CO_3 溶液中由水电离出的 $C(H^+)$ 的比较中, 正确的是 ()

A. 两者相等 B. 前者是后者的5倍 C. 后者是前者的 10^4 倍 D. 无法比较

考点五: 溶液 pH 的计算

【规律的小结】:

1. 水电离出的 $c(H^+)$ 和 $c(OH^-)$ 的算法:

①强酸溶液, 水电离出的 $c(H^+)$ 可由其 pOH 值来计算; ②强碱溶液, 水电离出的 $c(H^+)$ 可由其 pH 值直接计算; ③强碱弱酸盐溶液, 水电离出的 $c(H^+)$ 可由其 pOH 值来计算; ④强酸弱碱盐溶液, 水电离出的 $c(H^+)$ 可由其 pH 值直接计算;

【练习】

- 常温下, 在 0.1 mol/L 的醋酸溶液中, 水的离子积是 ()
A. 1×10^{-12} B. 1×10^{-14} C. 1×10^{-11} D. 1×10^{-13}
- 下列溶液一定呈中性的是 ()
A. $c(H^+) = 10^{-7}$ 的溶液 B. $c(H^+) \cdot c(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$ 的溶液
C. $\text{pH}=7$ 的溶液 D. 醋酸与醋酸钠的混合溶液中 $c(\text{Na}^+) = c(\text{Ac}^-)$
- 纯水在 25°C 和 80°C 时的氢离子浓度, 前后两个量的大小关系为 ()
A. 大于 B. 等于 C. 小于 D. 不能确定
- 体积相同、 pH 也相同的盐酸与醋酸, 分别与足量的碳酸钠溶液反应, 相同条件下, 放出二氧化碳气体的体积是 ()
A. 醋酸多 B. 盐酸多 C. 一样多 D. 无法比较
- 浓度都为 0.1 mol/L 的① NaHCO_3 、② Na_2CO_3 、③ NaCl 、④ NaHSO_4 四种溶液。按 pH 由小到大排列的顺序是 ()
A. ①②③④ B. ④③①② C. ③④①② D. ②①④③

6. pH=2 的盐酸溶液稀释 100 倍, pH=_____; pH=5 的盐酸溶液稀释 100 倍, pH=_____;

pH=9 的氢氧化钠溶液稀释 100 倍, pH=_____; pH=12 的氢氧化钠溶液稀释 100 倍,

pH=_____; 酸雨主要是因为大量燃烧含硫的煤和石油所引起的, 若测定某地某次雨

水的如下数据: $c(\text{NH}_4^+) = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ $c(\text{Cl}^-) = 6.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

$c(\text{Na}^+) = 1.9 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ $c(\text{NO}_3^-) = 2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ $c(\text{SO}_4^{2-}) = 2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

则此雨水的 pH 为 _____。

7. 下列四种溶液中, 由水电离生成的氢离子浓度之比(①:②:③:④)是 ()

①pH=0 的盐酸 ②0.1 mol/L 的盐酸 ③0.01 mol/L 的 NaOH 溶液

④pH=11 的 NaOH 溶液

A. 1 : 10 : 100 : 1000 B. 0 : 1 : 12 : 11

C. 14 : 13 : 12 : 11 D. 14 : 13 : 2 : 3

8. 室温下, 在 pH=12 的某溶液中, 由水电离的 $c(\text{OH}^-)$ 为 ()

A. $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ B. $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ C. $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ D. $1.0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$

各种指示剂变色时的 pH 值

9. 某溶液能分别使甲基橙变黄色, 酚酞试液呈无色, 使石蕊试液呈红色, 则该溶液的 pH 范围是 ()

A. 小于 8 B. 大于 4.4 C. 小于 5 D. 4.4~5

强酸与弱酸稀释过程中 pH 的变化

10. 将体积都为 10 mL、pH 都等于 3 的醋酸和盐酸, 加水稀释至 a mL 和 b mL, 测得稀释后溶液的 pH 均为 5。则稀释后溶液的体积 ()

A. $a=b=100 \text{ ml}$ B. $a=b=1000 \text{ mL}$ C. $a < b$ D. $a > b$

11. 将 pH=5 的 H_2SO_4 溶液稀释 1000 倍后, 溶液中 SO_4^{2-} 离子浓度与 H^+ 离子浓度的比值约为 ()

A. 1 : 10 B. 1 : 1 C. 1 : 2 D. 1 : 20

不同浓度的酸或碱溶液混合后 pH 值计算

12. 常温下 pH=9 和 pH=11 的两种 NaOH 溶液等体积混合后的 pH 值。

强酸与强碱混合后的 pH 值计算

13. pH=13 的强碱溶液和 pH=2 的强酸混合, 所得混合液的 pH=11, 则强碱与强酸的体积比是 ()

A. 1 : 9 B. 9 : 1 C. 1 : 11 D. 11 : 1

14. 常温下有 pH 为 12 的 NaOH 的溶液 100 mL, 如果将其 pH 降为 11, 那么

(1)若用蒸馏水应加入 _____ mL; (2)若用 pH=10 的 NaOH 溶液应加入 _____ mL

(3)若用 pH=2 的盐酸应加入 _____ mL; (4)若用 0.01 mol/L H_2SO_4 应加入 _____ mL。

第 16 讲 盐类水解

[知识梳理]

一、探究盐溶液的酸碱性

结论：强酸弱碱盐显酸性，强碱弱酸盐显碱性，强酸强碱盐显中性。

二、盐溶液呈现不同酸碱性的原因，盐类发生水解

三、盐的水解原理

1.定义：在溶液中，盐电离出来的阴离子或阳离子与水所电离出来的 H^+ 或 OH^- 结合生成弱电解质，这种作用叫做盐类的水解。

2.实质：促进水的电离平衡。

结果：盐的溶液呈现出不同程度的酸、碱性。

3.水解条件

a.盐必须溶于水中

b.生成盐的酸或碱是弱酸或弱碱（有弱才水解，无弱不水解，都弱双水解）

4.水解特征

水解是微弱、可逆的，用可逆符号“ $\rightleftharpoons$ ”

【小结】水解规律：

有弱才水解，无弱不水解，都弱双水解，谁强显谁性，都强显中性

5 盐溶液中水的电离规律

【例题】1、pH=3 的 HCl 和 pH=11 的 NaOH 溶液中由水电离出来的 $c(H^+)_{水}$

2、pH=3 的 NH_4Cl 和 pH=11 的 CH_3COONa 溶液中由水电离出来的 $c(H^+)_{水}$

【小结】盐溶液中水的电离有如下规律：

a.在强酸弱碱盐溶液中，盐的水解促进了水的电离，水的电离程度比纯水、酸或碱溶液（抑制水的电离）中水的电离程度大。

b.在酸或碱溶液中， $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 中小的那一个表示水的电离；在盐溶液中， $c(H^+)$ 、 $c(OH^-)$ 中大的那一个反映了水的电离程度。

四、水解方程式的书写

（1）判断能否水解：

（2）水解是微弱的，用可逆符号表示。通常不生成沉淀或气体，也不发生分解。在书写离子方程式时一般不标“↓”或“↑”，也不把生成物（如 H_2CO_3 、 $NH_3 \cdot H_2O$ 等）写成其分解产物的

形式:

(3) 多元弱酸的盐分步水解, 以第一步为主。

(4) 多元弱碱盐的水解视为一步完成。

(5) 双水解——不完全双水解与完全双水解

不完全水解用可逆符号, 完全水解用等号表示。

五、盐类水解的影响因素

1. 内因——越弱越水解 (越热越水解, 越稀越水解)

以醋酸钠为例: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ K_h

$$K_h = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)} \\ = \frac{K_w}{K_a}$$

弱酸或弱碱的电离常数越 (越弱), 其所生成的盐水解的程度就越大。

2. 外因: 温度、浓度、酸 or 碱、盐溶液

【例题】在氨水中存在下列平衡: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 若加入下列物质对该平衡有何影响? (1) NH_4Cl 固体 (逆向) (2) Na_2CO_3 固体 (逆向) (3) FeCl_3 固体 (正向)

【总结】判断溶液中平衡移动方向的一般思路:

- ① 加入的物质是否与之反应;
- ② 加入的物质是否与之有同离子效应;
- ③ 若前两项都不具备则考虑水解问题。

六、水解平衡的应用

(1) 判断盐溶液的酸碱性或 pH

(2) 配置和储存易水解的盐溶液

【例题】如何配制 FeCl_3 、 AlCl_3 、 CuCl_2 、 SnCl_2 等强酸弱碱盐溶液?

Na_2SiO_3 、 Na_2CO_3 、 NH_4F 等能不能储存在有磨口玻璃塞的试剂瓶中?

(3) 某些活泼金属与强酸弱碱盐反应

【例题】镁常温下不易与水发生反应, 但镁粉放入氯化铵的水溶液中有氢气放出?

(4) 判断离子能否大量共存

弱碱的金属阳离子 (如 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 、 NH_4^+ 、 Fe^{3+} 等) 与弱酸的酸根 (如 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、

SiO_3^{2-} 、 AlO_2^- 、 F^- 等)在溶液中不能同时大量共存。

(5)施用化肥

长期施用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的土壤酸性增强;草木灰(K_2CO_3)不能与铵态氮肥混用。

(6)加热蒸干某些盐溶液制取其他产物

a 水解:盐溶液水解生成难挥发性酸时,蒸干后一般得原溶质,如 $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ 、 CuSO_4

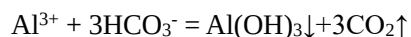
盐溶液水解生成不挥发碱和弱酸时,蒸干也得到原溶质,如 K_2CO_3 、 Na_2S

盐溶液水解生成易挥发性酸时,蒸干后一般得对应的弱碱,如 AlCl_3 、 FeCl_3

b 分解:若盐的热稳定性差,加热蒸干得到其分解产物,如 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 NaHCO_3 、 KMnO_4 、 NH_4Cl

c 氧化:若盐的还原性强,加热蒸干得到其氧化产物,如 NaSO_3 、 FeSO_4 。

(7)泡沫灭火器 ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 NaHCO_3)



Al^{3+} 不与 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 AlO_2^- 、 S^{2-} 共存, Fe^{3+} 不与 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 AlO_2^- 共存

[练习]

1.下列物质的水溶液显碱性的是 ()

- A. FeCl_3 B. CH_3COONa C. KNO_3 D. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

2.在盐类的水解过程中,下列叙述正确的是 ()

- A. 盐的电离平衡被破坏 B. 水的电离平衡被破坏
C. 没有能量变化 D. 溶液的 pH 一定变大

3.下列离子,在水溶液中不发生水解的是 ()

- A. CH_3COO^- B. Cl^- C. NH_4^+ D. Cu^{2+}

4.现有 S^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 Fe^{3+} 、 Cl^- 等离子,请按要求填空:

(1)在水溶液中,该离子水解呈碱性的是_____。

(2)在水溶液中,该离子水解呈酸性的是_____。

5.下列各物质投入水中,因促进水的电离而使溶液呈酸性的是 ()

- A. NaHSO_4 B. CH_3COONa C. CH_3COOH D. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

6.物质的量浓度相等的下列溶液, pH 由大到小的顺序排列正确的是 ()

- A. Na_2CO_3 、 NH_4Cl 、 NaCl 、 HCl B. Na_2CO_3 、 NaCl 、 NH_4Cl 、 HCl
C. HCl 、 NH_4Cl 、 NaCl 、 Na_2CO_3 D. NH_4Cl 、 Na_2CO_3 、 NaCl 、 HCl

7.下列说法中正确的是 ()

- A. Na_2CO_3 水解的呈酸性 B. 醋酸铵溶液呈中性,是由于醋酸铵不会发生水解
C. 盐的水解可视为中和反应的逆反应 D. 某溶液呈酸性,一定是强酸弱碱盐溶液

8. 0.10mol/L 的 NH_4Cl 溶液中, 离子浓度最小的是 ()
- A. NH_4^+ B. H^+ C. Cl^- D. OH^-
9. 在 CH_3COONa 溶液中, 各种离子浓度从小到大的顺序是 ()
- A. $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-) < c(\text{Na}^+)$
 B. $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-) < c(\text{Na}^+) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$
 C. $c(\text{H}^+) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-) < c(\text{OH}^-) < c(\text{Na}^+)$
 D. $c(\text{OH}^-) < c(\text{CH}_3\text{COO}^-) < c(\text{H}^+) < c(\text{Na}^+)$
10. 在 NH_4Cl 溶液里, 加入下列物质使抑制水解平衡的是 ()
- A. 加少量液氨 B. 加少量 NaCl 固体 C. 加少量 NaOH 固体 D. 加水稀释
11. 物质的量浓度相同的三种盐 NaX 、 NaY 、 NaZ 的溶液, 测定其 pH 依次为 8、9、10, 则 HX 、 HY 、 HZ 的酸性由强到弱的顺序是 ()
- A. $\text{HX} > \text{HZ} > \text{HY}$ B. $\text{HZ} > \text{HY} > \text{HX}$ C. $\text{HX} > \text{HY} > \text{HZ}$ D. $\text{HY} > \text{HX} > \text{HZ}$
12. 为了配制 NH_4^+ 的浓度与 Cl^- 的浓度比为 1:1 的溶液, 可在 NH_4Cl 溶液中加入 ()
- ①适量的 HCl ②适量的 NaCl ③适量的氨水 ④适量的 NaOH
- A. ①② B. ③ C. ③④ D. ④
13. 下列有关问题, 与盐的水解有关的是 ()
- ①加热蒸干 AlCl_3 溶液得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 固体
 ②用 NaHCO_3 与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 两种溶液可作泡沫灭火剂
 ③草木灰与铵态氮肥不能混合施用
 ④实验室盛放 Na_2CO_3 溶液的试剂瓶不能用磨口玻璃塞
- A. ①②③ B. ②③④ C. ①④ D. ①②③④
14. 取一定量 0.1mol/L 的 FeCl_3 溶液, 进行如下实验:
- (1) 在室温下, 用 pH 试纸测定 FeCl_3 溶液, 测得 pH _____ 7 (填 “<” “>” 或 “=”)。
- (2) 加热 FeCl_3 溶液, 溶液的 pH _____ (填 “增大” “减小” 或 “不变”), FeCl_3 的水解程度 _____ (填 “增强” “减弱” 或 “不变”)。
- (3) 向 FeCl_3 溶液中通入 HCl 气体, 溶液的 pH _____ (填 “增大” “减小” 或 “不变”), FeCl_3 的水解程度 _____ (填 “增强” “减弱” 或 “不变”)。
15. 常温下, 有两种溶液: ① $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$ ② $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COONa}$
- (1) 溶液①的 pH _____ 7 (填 “>” “<” 或 “=”) 其原理是 _____ (用电离方程式表示)
- (2) 溶液②呈碱性, 原因是 _____ (填微粒符号) 水解使溶液呈碱性, 向溶液中加入醋酸钠固体可以使碱性 _____ (填 “增大” “减小” 或 “不变”)

(3) 下列说法正确的是_____ (填序号)。

- a. 两种溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 都等于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- b. 两种溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 都小于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- c. CH_3COOH 溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 小于 CH_3COONa 溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

16. 物质的量浓度相同的下列溶液中, NH_4^+ 浓度最大的是 ()

- A. NH_4Cl B. NH_4HSO_4 C. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ D. NH_4HCO_3

17. 某溶液中 FeCl_3 的水解反应已达到平衡: $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$, 若要使 FeCl_3 的水解程度增大, 应采用的方法是 ()

- A. 加入 NaHCO_3 B. 加入 AgNO_3 C. 加 FeCl_3 固体 D. 加热

18. 物质的量浓度相同的三种盐 NaX 、 NaY 和 NaZ 的溶液, 其 pH 值依次为 8、9、10, 则 HX 、 HY 、 HZ 的酸性由强到弱的顺序是 ()

- A. HX 、 HZ 、 HY B. HZ 、 HY 、 HX C. HX 、 HY 、 HZ D. HY 、 HZ 、 HX

第 17 讲 电解池

[知识回顾]电解饱和食盐水

总化学方程式：_____

阳极现象：_____

阴极现象：_____

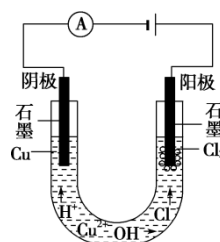
阳极：_____, 发生_____反应

阴极：_____, 发生_____反应

[知识梳理]

一、电解 CuCl_2 溶液

1). 装置



2). 实验现象和结论

实验现象	结论
电流表指针发生偏转	说明电解质溶液在导电，形成闭合回路
与负极相连的石墨棒上逐渐覆盖了一层____固体	析出 <u>金属</u> _____
与正极相连的碳棒一侧有刺激性气味的气体产生，湿润的 KI 淀粉试纸变_____	产生了_____

3) 实验原理分析

(1) 通电前， Cu^{2+} 、 H^+ 、 Cl^- 以及 OH^- 在溶液中作_____，通电时，在电场的作用下这些自由运动的离子改作_____运动即 Cl^- 、 OH^- 等阴离子趋向_____极， Cu^{2+} 、 H^+ 等阳离子趋向_____极。

(2) 两个电极上的反应和总反应：

阳极(与电源正极相连)：_____。

阴极(与电源负极相连)：_____。

总反应：_____。

(3) 结论：电解质溶液的导电过程，就是电解质溶液的_____过程。

2、电解原理

1). 电解 使电流通过电解质溶液在两个电极上引起氧化还原反应的过程。

2). 电解池

(1) 定义：在外加电源的作用下，将_____能转化为_____能的装置。

(2)构成条件：有外加电源；电解质溶液或熔融电解质；两个电极；形成闭合回路。

阴极：与电源___极相连，发生___反应，阳极：与电源___极相连，发生___反应。

(3)工作原理：电解质溶液(或熔融电解质)通电时发生以下过程：

电子从电源的负极沿导线流入电解池的阴极，电解质的阳离子移向阴极得电子发生还原反应；电解质的阴离子移向阳极失去电子(有的是组成阳极的金属原子失去电子)发生氧化反应，电子从电解池的阳极流出，并沿导线流回电源的正极。

探究问题

1、溶液中含有 Cu^{2+} 、 H^{+} 为什么是 Cu^{2+} 去阴极得电子，而不是 H^{+} 呢？

2、电解 CuCl_2 溶液产生 Cl_2 的两电极能用铁吗？

[知识拓展与迁移]

1、电解时电极产物的判断

(1)阳极产物的判断

①活性金属电极(金属活动性顺序表 Pt 之前金属)

金属电极失电子，被溶解，生成对应金属阳离子。

②惰性电极(Pt、Au、C)

溶液中阴离子失电子，生成对应非金属单质。

阴离子放电顺序： $\text{S}^{2-} > \text{I}^{-} > \text{Br}^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{OH}^{-} > \text{含氧酸根} > \text{F}^{-}$ 。

(2)阴极产物的判断

与电极材料无关，阳离子放电，直接根据阳离子放电顺序进行判断，阳离子放电顺序： $\text{Ag}^{+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^{+}_{(\text{酸})} > \text{Pb}^{2+} > \text{Sn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{H}^{+}_{(\text{水})} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^{+}$ 。

2、电解池阴、阳极判断方法

(1)阴极：析出金属(质量增重)或有气体(H_2)放出；连接电源___极，电子___，电流___，___离子移向。

(2)阳极：有非金属单质生成，是气态的有 Cl_2 、 O_2 或电极本身减轻；连接电源___极，电子___，电流___，___离子移向。

3、用惰性电极电解电解质溶液的一般规律

恢复电解质原状应遵循“缺什么加什么，缺多少加多少”

[练习]

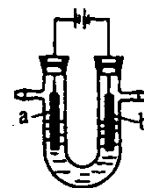
1. 下列有关电解池的说法不正确的是 ()

- A. 电解池是把电能转化为化学能的装置
- B. 电解池中阴离子向阴极移动，阳离子向阳极移动
- C. 电解池中与电源正极相连的一极是阳极，发生氧化反应

D. 电解质溶液的导电过程就是电解质溶液的电解过程

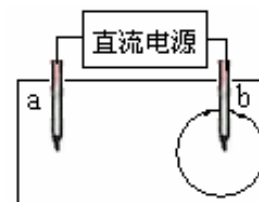
2. 右图是电解饱和食盐水的装置，a、b 为石墨电极。下列判断正确的是 ()

- A. a 为正极，b 为负极
B. a 极上有氢气放出
C. b 极上发生氧化反应
D. b 极附近溶液显碱性



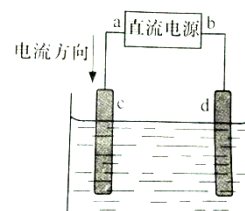
3. 取一张用饱和 NaCl 溶液浸湿的 pH 试纸，两根铅笔芯作电极，接通直流电源，一段时间后，发现 b 电极与试纸接触处出现一个双色同心圆，内圆为白色，外圆呈浅红色。则下列说法错误的是 ()。

- A. a 电极是阴极
B. b 电极与电源的正极相连接
C. 电解过程中，水是氧化剂
D. a 电极附近溶液的 pH 变小



4. 右图是电解 CuCl_2 溶液的装置，其中 c、d 为石墨电极。下列判断正确的是 ()

- A. a 为负极
B. d 为阳极
C. c 电极上有氯气产生
D. d 电极上发生氧化反应

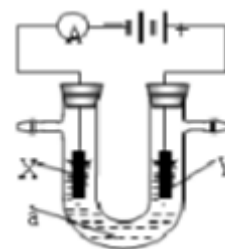


5. 在原电池和电解池的电极上所发生的反应，同属氧化反应或同属还原反应的是 ()。

- A. 原电池的正极和电解池的阳极所发生的反应
B. 原电池的正极和电解池的阴极所发生的反应
C. 原电池的负极和电解池的正极所发生的反应
D. 原电池的负极和电解池的阴极所发生的反应

7. 电解原理在化学工业中有广泛应用。右图表示一个电解池，装有电解液 a；X、Y 是两块惰性电极，通过导线与直流电源相连。请回答以下问题：

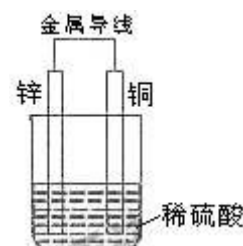
(1) 若电解液 a 是饱和 NaCl 溶液，实验开始时，同时在两边各滴入几滴酚酞试液，则该反应的化学方程式是_____。在 X 极附近观察到的实验现象是_____。检验 Y 电极反应产物的方法是_____。



(2) 如电解液 a 选用 CuCl_2 溶液，则 X 电极可观察到的现象是_____。该电解反应的总反应方程式是_____。

8. 关于如右图所示装置的叙述，正确的是 ()

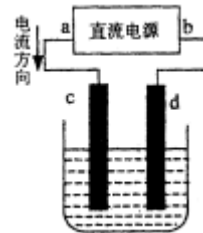
- A. 铜是阳极，铜片上有气泡产生
B. 铜片质量逐渐减少



C. 电流从锌片经导线流向铜片

D. 氢离子在铜片表面被还原

9. 右图是电解 CuCl_2 溶液的装置, 其中 c、d 为石墨电极。则下列判断正确的是 ()



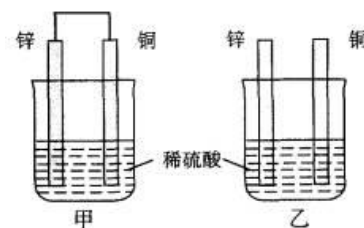
A. a 为负极、b 为正极

B. a 为阳极、b 为阴极

C. 电解过程中, d 电极质量增加

D. 电解过程中, 氯离子浓度不变

10. 图示方式插入同浓度的稀硫酸中一段时间, 以下叙述正确的是 ()



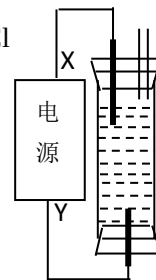
A. 两烧杯中铜片表面均无气泡产生

B. 甲中铜片是正极, 乙中铜片是负极

C. 两烧杯中溶液的 pH 均增大

D. 产生气泡的速度甲比乙慢

11. 某一学生想制作一种家用环保型消毒液发生器, 用石墨作电极电解饱和 NaCl 溶液, 通电时, 为使 Cl_2 被完全吸收制得有较强杀菌能力的消毒液, 设计了如图所示装置, 则电源电极名称和消毒液的有效成分判断正确的是 ()



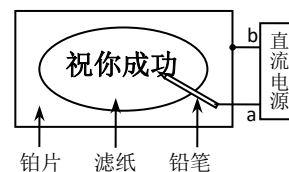
A. X 为正极, Y 为负极; HClO

B. X 为负极, Y 为正极; NaClO

C. X 为阳极, Y 为阴极; NaClO

D. X 为阴极, Y 为阳极; HClO

12. 某学生设计了一个“黑笔写红字”的趣味实验。滤纸先用氯化钠、无色酚酞的混合液浸湿, 然后平铺在一块铂片上, 接通电源后, 用铅笔在滤纸上写字, 会出现红色字迹。据此, 下列叙述正确的是 ()



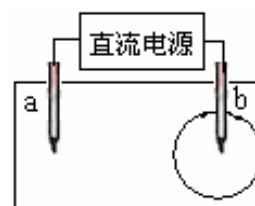
A. 铅笔端作阳极, 发生还原反应

B. 铂片端作阴极, 发生氧化反应

C. 铅笔端有少量的氯气产生

D. a 点是负极, b 点是正极

13. 取一张用饱和 NaCl 溶液浸湿的 pH 试纸, 两根铅笔芯作电极, 接通直流电源, 一段时间后, 发现电极 a 与试纸接触处出现一个双色同心圆, 内圆为白色, 外圈呈浅红色。则下列说法错误的是 ()



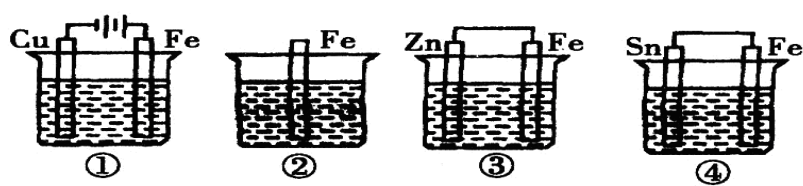
A. b 电极是阴极

B. a 电极与电源的正极相连接

C. 电解过程中, 水是氧化剂

D. b 电极附近溶液的 pH 变小

14. 下图各容器中盛有海水，铁在其中被腐蚀时由快到慢的顺序是 ()



- A. ④>②>①>③ B. ①>④>②>③ C. ④>②>③>① D. ③>②>④>①

第 18 讲 电解质溶液综合练习

● 概念（电解质、非电解质、强电解质、弱电解质、电离、导电性）

1. 下列属于电解质的是

- A. 食盐水 B. 乙酸 C. 钠 D. 乙醇

2. 高铁酸钠 (Na_2FeO_4) 是一种正盐, 可用作高效水处理剂, 其电离方程式为

_____;

● 电离平衡（弱电解质）

1. 能证明乙酸是弱酸的实验事实是

A. 常温下 $0.1 \text{ mol/L CH}_3\text{COONa}$ 溶液的 pH 大于 7

B. CH_3COOH 溶液与 Zn 反应放出 H_2

C. CH_3COOH 溶液与 Na_2CO_3 反应生成 CO_2

D. $0.1 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH}$ 溶液可使紫色石蕊变红

2. 请你设计一个能证明一水合氨是弱电解质的方案。

_____。

● 水的电离平衡

1. 25°C 时, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液显酸性, 是因为

A. NH_4^+ 电离出了 H^+

B. NH_4^+ 与水反应生成 H^+

C. SO_4^{2-} 结合水电离的 H^+

D. SO_4^{2-} 抑制水电离

2. 下列四种微粒中, 能使水电离出来的氢离子浓度等于 10^{-10} mol/L 的是

A. CH_3COO^-

B. Al^{3+}

C. H^+

D. K^+

3. 对水的电离不产生影响的是

A. KCl

B. FeSO_4

C. CH_3COONa

D. H_2SO_4

4. 常温下, 下列化肥的水溶液 pH > 7 的是

A. K_2SO_4

B. K_2CO_3

C. NH_4Cl

D. NH_4NO_3

5. 84 消毒液（主要成分是次氯酸钠）呈_____性, 原因（用离子方程式表示）

_____。

6. Na_2S 溶液中, 水的电离程度会_____（填“增大”“减小”或“不变”）; 微热该溶液, pH 会_____（填“增大”“减小”或“不变”）。

● 溶液中离子浓度

以氯化铵为例书写：

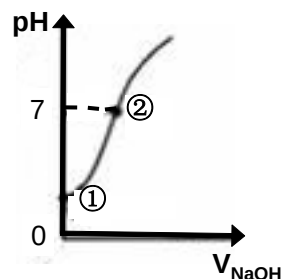
电荷守恒：_____；物料守恒：_____

- 在 CH_3COONa 溶液中离子浓度最大的是
A. H^+ B. OH^- C. CH_3COO^- D. Na^+
- Na_2S 溶液中各离子浓度由大到小的顺序为：_____。
- 常温下向 25mL 含 HCl 0.01mol 的溶液中通入氨气。当通入氨气使所得溶液的 $\text{pH}=7$ ，此时溶液中各离子浓度关系是_____。
- 相同条件下，0.1 mol/L $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 中 $c(\text{Fe}^{3+})$ _____ 0.1 mol/L FeCl_3 中 $c(\text{Fe}^{3+})$ 。
(填“=”、“<”或“>”)
- 在氯水中，下列关系正确的是_____ (选填编号)。
a. $c(\text{H}^+) = c(\text{ClO}^-) + c(\text{Cl}^-)$ b. $c(\text{H}^+) = c(\text{ClO}^-) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$
c. $c(\text{HClO}) < c(\text{Cl}^-)$ d. $c(\text{Cl}^-) < c(\text{OH}^-)$
- $\text{pH}=11$ 的 NaOH 溶液和 $\text{pH}=3$ 的醋酸溶液以等体积混合后，所得溶液中 $c(\text{Na}^+)$ 、 $c(\text{CHCOO}^-)$ 的正确关系是
A. $c(\text{Na}^+) > c(\text{CHCOO}^-)$ B. $c(\text{Na}^+) = c(\text{CHCOO}^-)$
C. $c(\text{Na}^+) < c(\text{CHCOO}^-)$ D. 不能确定

- 常温下，向饱和氯水中逐滴滴入 0.1mol/L 的氢氧化钠溶液，

pH 变化如下图所示，下列有关叙述正确的是

- ①处所示溶液中存在的电离平衡不止一个
- 由①到②的过程中，溶液由酸性逐渐变为碱性
- 由①到②的过程中，水的电离程度逐渐减弱
- ②处所示溶液中： $c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{ClO}^-)$



- 测得某 $\text{pH}=2$ 的溶液中有关数据如下：

离子	Na^+	Fe^{3+}	?	NO_3^-	SO_4^{2-}
浓度 (mol/L)	2.0×10^{-2}	1.4×10^{-2}	?	2.0×10^{-2}	2.4×10^{-2}

则该溶液中还可能大量存在的一种离子是

- Fe^{2+} B. Al^{3+} C. Cl^- D. CO_3^{2-}

● 离子方程式

- 盐酸和碳酸氢钙溶液反应的离子方程式正确的是

- $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

- B. $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. $\text{H}^+ + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- D. $2\text{H}^+ + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{CO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

2. 次氯酸钙溶液与过量二氧化碳反应的离子方程式正确的是

- A. $\text{Ca}^{2+} + 2\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{HClO}$
- B. $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCO}_3^-$
- C. $2\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HClO} + \text{CO}_3^{2-}$
- D. $2\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HClO} + 2\text{HCO}_3^-$

3. 下列是常见离子检验的离子方程式，其中错误的是

- A. Fe^{3+} : $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_3\downarrow$
- B. SO_4^{2-} : $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$
- C. Cl^- : $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$
- D. NH_4^+ : $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

● 离子共存

1. 下列各组中的离子，能在溶液中大量共存的是

- A. K^+ 、 H^+ 、 SO_4^{2-} 、 AlO_2^-
- B. H^+ 、 Fe^{2+} 、 NO_3^- 、 Cl^-
- C. Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
- D. Na^+ 、 K^+ 、 OH^- 、 HCO_3^-

2. 下列离子在溶液中能共存，加 OH^- 有沉淀析出，加 H^+ 能放出气体的是

- A. Na^+ 、 Cu^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
- B. Ba^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 NO_3^-
- C. Ba^{2+} 、 NH_4^+ 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^-
- D. Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^-

3. 某溶液中可能含有 K^+ 、 Ba^{2+} 、 Cl^- 、 SO_3^{2-} 。取样，用 pH 试纸测试，溶液显弱碱性。未确定的离子是

- A. K^+
- B. Ba^{2+}
- C. Cl^-
- D. SO_3^{2-}

4. 已知某溶液中只可能含有 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 中的几种（忽略水的电离），进行如下实验：取样，加入足量盐酸，有气泡产生，再加入 AgNO_3 溶液，有白色沉淀生成；另取样，加入足量 NaOH 溶液，微热，产生的气体是湿润的红色石蕊试纸变蓝。下列判断正确的是

- A. 一定不含 Cl^-
- B. 一定不含 Na^+
- C. 一定含有 Cl^- 、 CO_3^{2-}
- D. 一定含有 CO_3^{2-} 、 NH_4^+